| | | |
|---|---|---|
| | | |
| | | |

# CURSO BÁSICO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO BIOMÉDICO

**SAN SALVADOR**
**MAYO – JUNIO 2008**

# TABLA DE CONTENIDOS

## Unidad 1: Electricidad Básica


Página
1.1 Los símbolos eléctricos……05
1.2 Materia y elementos químicos……19
1.3 Modelo atómico de Bohr……19
1.4 Electrones periféricos……20
1.5 Electrones libres en los metales……21
1.6 Conductores……22
1.7 Aisladores……23
1.8 Líneas de fuerza eléctrica……23
1.9 Resistencia eléctrica……24
1.10 Resistencia específica……25
1.11 Sección y temperatura……26
1.12 Calibre americano……26
1.13 Semiconductores……29
1.14 La pila primaria……31
1.15 Generación de fuerza electromotriz……33
1.16 El circuito eléctrico……34
1.17 Unidad de fuerza electromotriz……35
1.18 El amperio……35
1.19 Ley de Ohm……36
1.20 Circuitos serie……36
1.21Caída de tensión en un circuito serie……37
1.22 Circuitos paralelos……38
1.23 Corriente en el circuito paralelo……38
1.24 Circuito mixto……39
1.25 El galvanómetro……40
1.26 El galvanómetro como amperímetro……40
1.27 El galvanómetro como voltímetro……41
1.28 El multímetro digital……42
1.29 Código de colores de la resistencia……42
1.30 Reóstatos……43
1.31 Potenciómetros……43
1.32 Resistencia equivalente serie……44
1.33 Cálculo de resistencias en paralelo……44
1.34 Resistencia equivalente en circuito mixto……45
1.35 El magnetismo……46
1.36 Materiales magnéticos y no magnéticos……47
1.37 Los polos de un imán……47
1.38 Dipolos magnéticos……48
1.39 Atracción y repulsión magnética……48
1.40 Líneas de fuerza magnética……49
1.41 Electromagnetismo……50
1.42 El solenoide……50
1.43 Inducción electromagnética……51
1.44 El electroimán……52
1.45 La onda senoidal……52

1.46 Forma de la onda senoidal……………………………………………………………..53
1.47 Valor efectivo o RMS de la onda sinusoidal…………………………………………..55
1.48 Autoinducción………………………………………………………………………..55
1.49 Ley de Lenz…………………………………………………………………………..56
1.50 Inductancia………………………………………………………………………….. 57
1.51 El capacitor…………………………………………………………………………..58
1.52 Carga y descarga del capacitor……………………………………………………....58
1.53 Carga del condensador en CA……………………………………………………….59
1.54 Conexión del condensador en serie………………………………………………......60
1.55 Conexión del condensador en el paralelo…………………………………………....61
1.56 El transformador…………………………………………………..………....61
1.57 Relación de vueltas………………………………………………………………......62
1.58 Pérdidas de transformación…………………………………………………….…63

**Unidad 2: Introducción a la Tecnología Biomédica**

2.1 El corazón………………………………………………………………………….65
2.2 El ciclo cardíaco…………………………………………………………………….....65
2.3 Electrocardiografía……………………………………………………………...…66
2.4 Sistema circulatorio en bloques…………………………………………………….....67
2.5 Aparato respiratorio……………………………………………………………..….69
2.6 Mecánica de la respiración……………………………………………………….....70
2.7 El papel que desempeña el técnico biomédico……………………………………..…71
2.8 Responsabilidad de un TEB……………………………………………….……. 72
2.9 Laboratorio de equipo médico………………………………………………………..73
2.10 Seguridad eléctrica……………………………………………………………..….75
2.11 Requisitos educacionales………………………………………………………….....76
2.12 Ética profesional……………………………………………………………………..76
2.13 Los aspectos negativos de carácter y de la responsabilidad…………………………...78
2.14 Relaciones con el paciente…………………………………………………………...79
2.15 Relación con personal de otros departamentos……………………………………...79

**Unidad 3: Equipo e Instrumentos Médicos**

3.1 Bomba de succión………………………………………………………………......81
3.2 Indicadores para uso y mantenimiento…………………………………………….....81
3.3 Las centrífugas…………………………………………………………………...…83
3.4 Uso de las centrífugas……………………………………………………………..….84
3.5 Como hacer la separación de sangre y orina………………………………………... 85
3.6 Ventajas entre tipos de centrífugas…………..……………………………………..…87
3.7 Método alternativo de balanceo de tubos en la centrífuga………………………….…...87
3.8 Uso del tacómetro…………………………………………………………….........88
3.9 Procedimiento de inspección y mantenimiento preventivo…………………………..…88
3.10 Presión arterial……………………………………………………………………....93
3.11 El tensiómetro…………………………………………………..……………94
3.12 La partes del tensiómetro…………………………………..…………..94
3.13 Funcionamiento del tensiómetro……………………………..……………95

3.14 Funcionamiento interno del tensiómetro……………………………………..…………..…95
3.15 Reparaciones y servicio……………………………...……………..…………….96
3.16 Esterilizadores………………………………………………………....…………...101
3.17 Esterilizadoras de una sola cámara……………………………..……..……..102
3.18 Esterilización en seco………………………………………..……..……….102
3.19 Esterilización por gas……………………………………………..…..……....102
3.20 Componentes comunes de un esterilizador…………………….……..…...103
3.21 Generalidades de un esterilizador pequeño de vapor……………..……..…….103
3.22 Inicio de operaciones………………………………………………..……..….....105
3.23 Explicación de un circuito eléctrico típico para un esterilizador de cámara simple………..105
3.24 El oftalmoscopio……………………………………………………………………108
3.25 El retinoscopio……………………………………………………...………...111
3.26 El queratómetro………………………………………………..…..…………..112
3.27 La lámpara de hendidura…………………………………..……..……….....113
3.28 Comprobaciones de lámpara de hendidura…………………………..…..…..114
3.29 Método general de reparación………………………………..………..……....115
3.30 Equipo material y herramientas para laboratorio de biomedicina…………………….....120
3.31 Técnica para limpieza de lentes y espejos……………………………………….....123

**Unidad 4: Seguridad Eléctrica**

4.1 Efectos biológicos de las corrientes eléctricas……………………………………….....125
4.2 Peligros de descarga proveniente de un equipo eléctrico…………………………....128
4.3 Métodos de prevención de accidentes……………………………………………...…...130
4.4 Equipo conectado a tierra………………………………………………………………….130
4.5 Protección de uso de baja tensión…………………………………………………….. 131
4.6 Doble instalación……………………………………………………………………………132
4.7 Aislación de las piezas conectadas al paciente……………………………….……...132
4.8 Cosas que no deben hacerse………………………………………………………….....134
4.9 Precauciones especiales de seguridad en cirugía……………………………………....134
4.10 Sistema aislado de distribución de energía eléctrica………………………………..... 135
4.11 Sistema colocado a tierra………………………………………………………………...136
4.12 Utilización de anestésicos inflamables…………………………………………….…..137
4.13 Medidas especiales para la protección de pacientes eléctricamente susceptibles…………..137
4.14 Catéteres llenos de fluidos………………………………………………………….....139
4.15 Medidas protectoras………………………………………………………….………..139

# Unidad 1

# Electricidad Básica

## 1.1 Los símbolos eléctricos

Los símbolos son objetos gráficos que representan algo, por ejemplo en este caso un objeto material. Los símbolos eléctricos representan los materiales, objetos o componentes utilizados en una instalación o circuito y su forma de interconexión y conexión externa. Los símbolos están conforme a normas nacionales e internacionales y podríamos decir que comprenderlos e interpretarlos es como saber otro lenguaje, no importa el lugar del mundo donde nos encontremos siempre sabremos interpretar un plano eléctrico.

A continuación, se presentan una serie de símbolos eléctricos y electrónicos utilizados en la mayoría de diagramas esquemáticos de los equipos biomédicos.

**Interruptores**

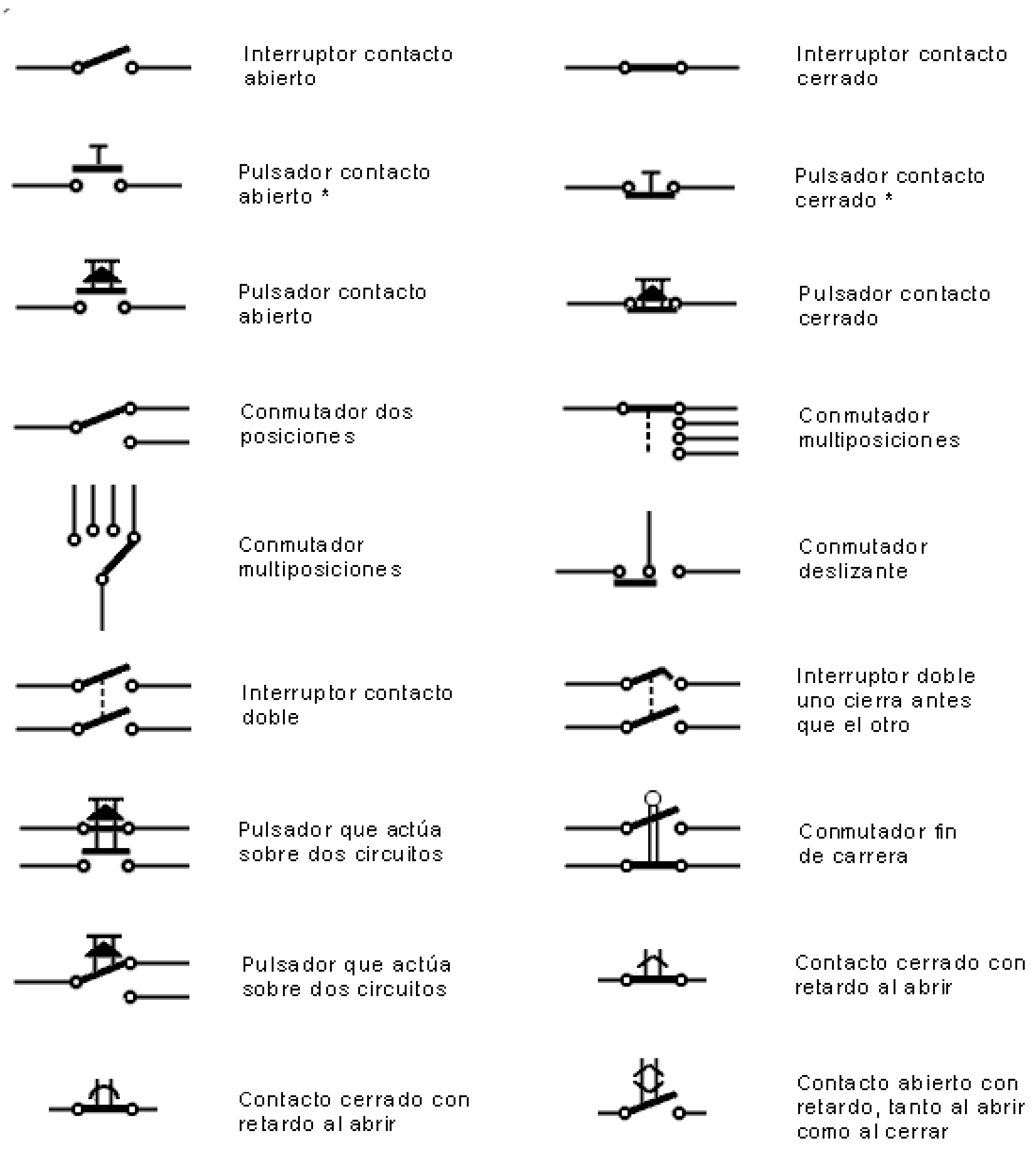



**Figura 1.1.1**

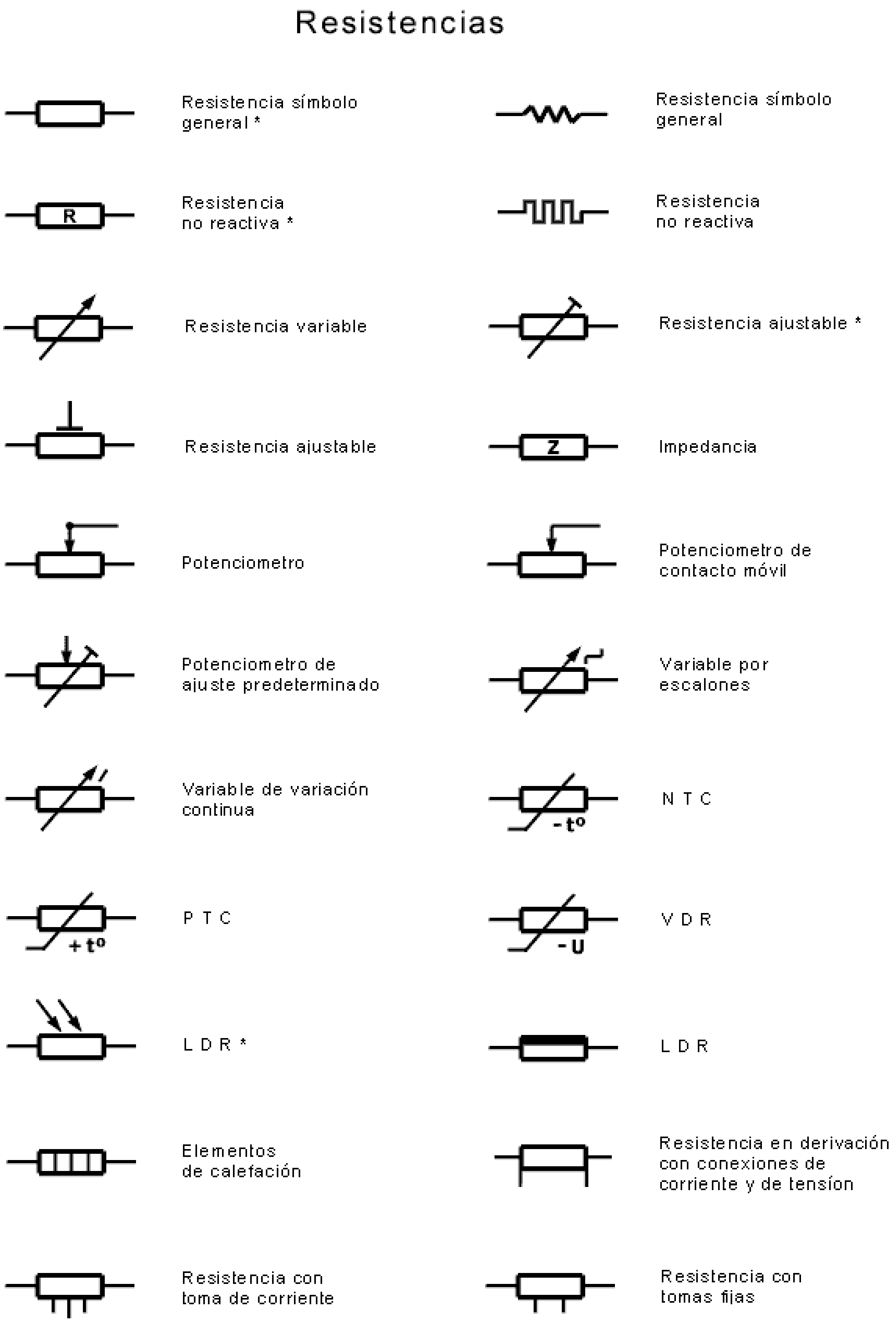

Resistencias
Resistencia símbolo general *
Resistencia símbolo general
R
Resistencia no reactiva *
Resistencia no reactiva
Resistencia variable
Resistencia ajustable *
Resistencia ajustable
Z
Impedancia
Potenciometro
Potenciometro de contacto móvil
Potenciometro de ajuste predeterminado
Variable por escalones
Variable de variación continua
- tº
N T C
+ tº
P T C
- U
V D R
L D R *
L D R
Elementos de calefación
Resistencia en derivación con conexiones de corriente y de tensíon
Resistencia con toma de corriente
Resistencia con tomas fijas

**Figura 1.1.2**

## Transformadores

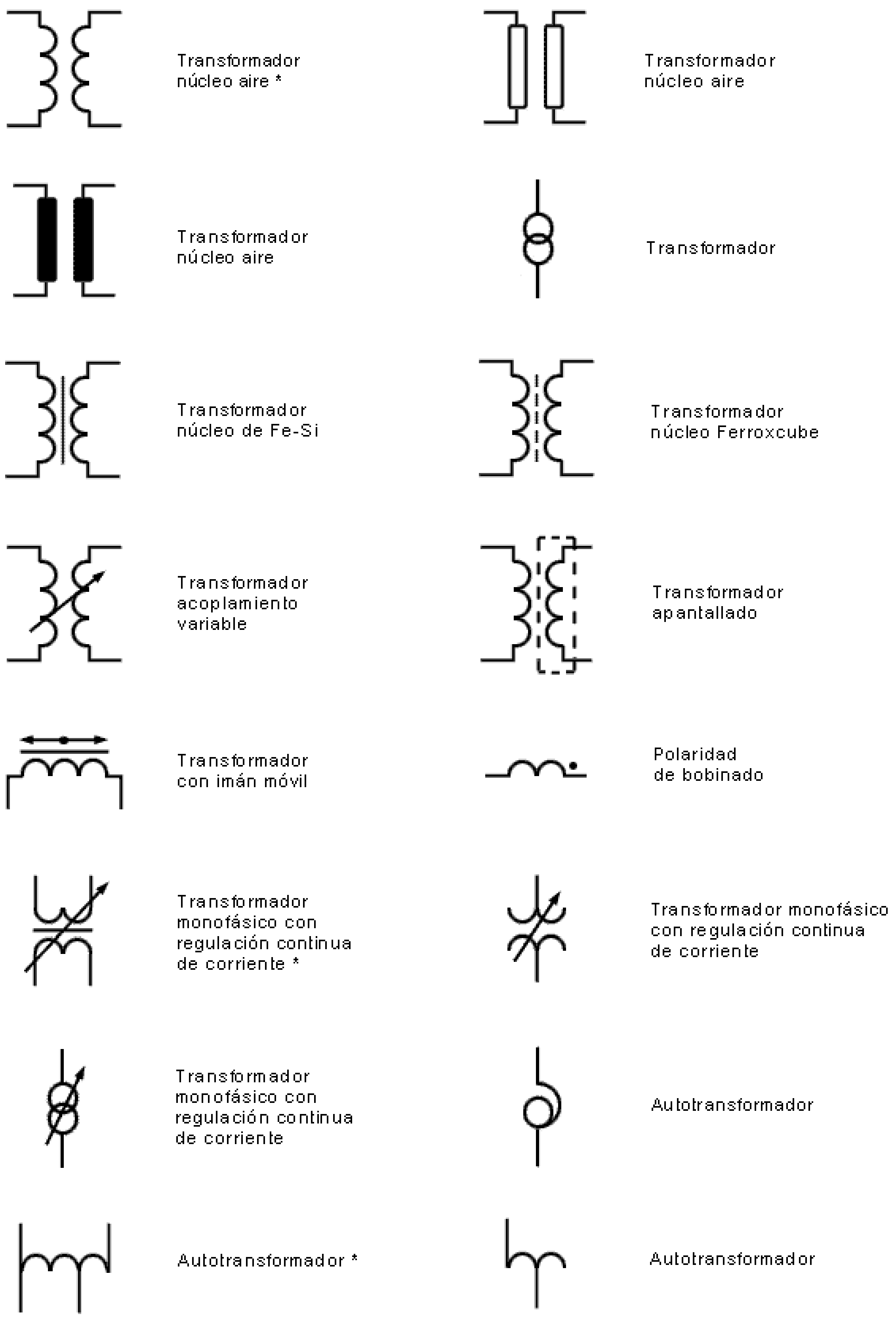



**Figura 1.1.3**

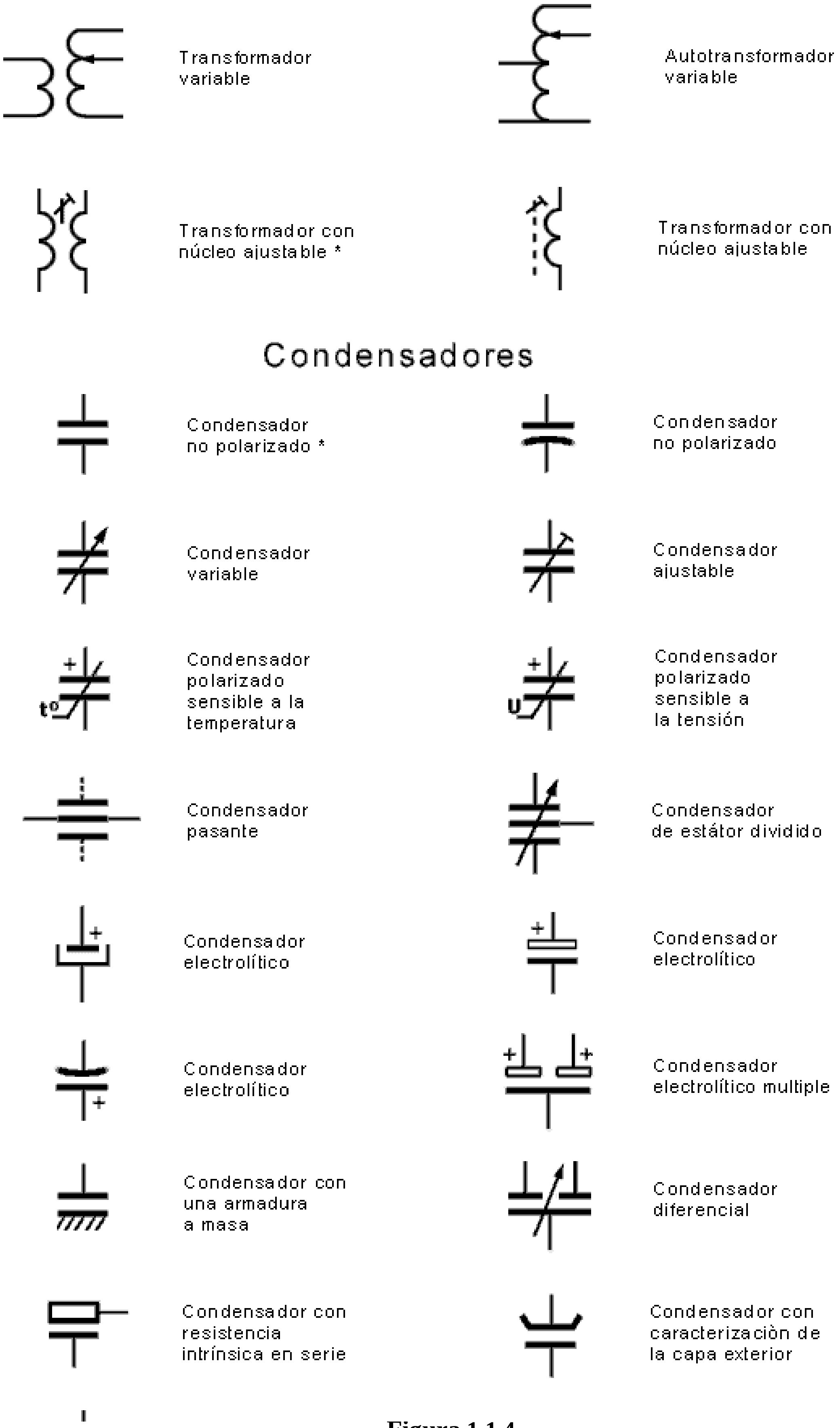

Transformador
variable
Autotransformador
variable
Transformador con
núcleo ajustable *
Transformador con
núcleo ajustable
Condensadores
Condensador
no polarizado *
Condensador
no polarizado
Condensador
variable
Condensador
ajustable
+
t°
Condensador
polarizado
sensible a la
temperatura
+
U
Condensador
polarizado
sensible a
la tensión
Condensador
pasante
Condensador
de estátor dividido
+
Condensador
electrolítico
+
Condensador
electrolítico
+
Condensador
electrolítico
+ +
Condensador
electrolítico multiple
Condensador con
una armadura
a masa
Condensador
diferencial
Condensador con
resistencia
intrínsica en serie
Condensador con
caracterizaciòn de
la capa exterior

**Figura 1.1.4**

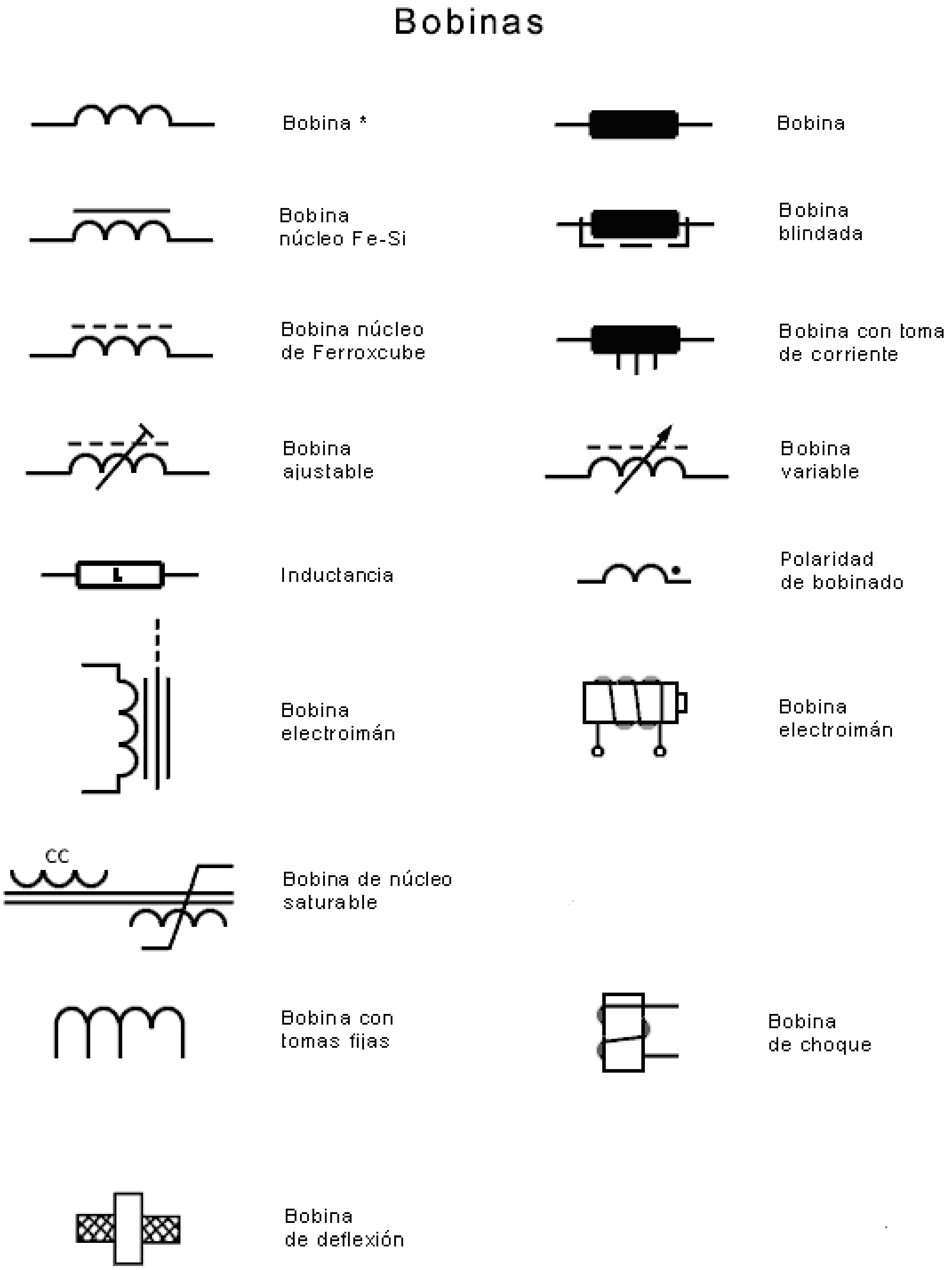

Bobinas
Bobina *
Bobina
Bobina
núcleo Fe-Si
Bobina
blindada
Bobina núcleo
de Ferroxcube
Bobina con toma
de corriente
Bobina
ajustable
Bobina
variable
L
Inductancia
Polaridad
de bobinado
Bobina
electroimán
Bobina
electroimán
CC
Bobina de núcleo
saturable
Bobina con
tomas fijas
Bobina
de choque
Bobina
de deflexión

**Figura 1.1.5**

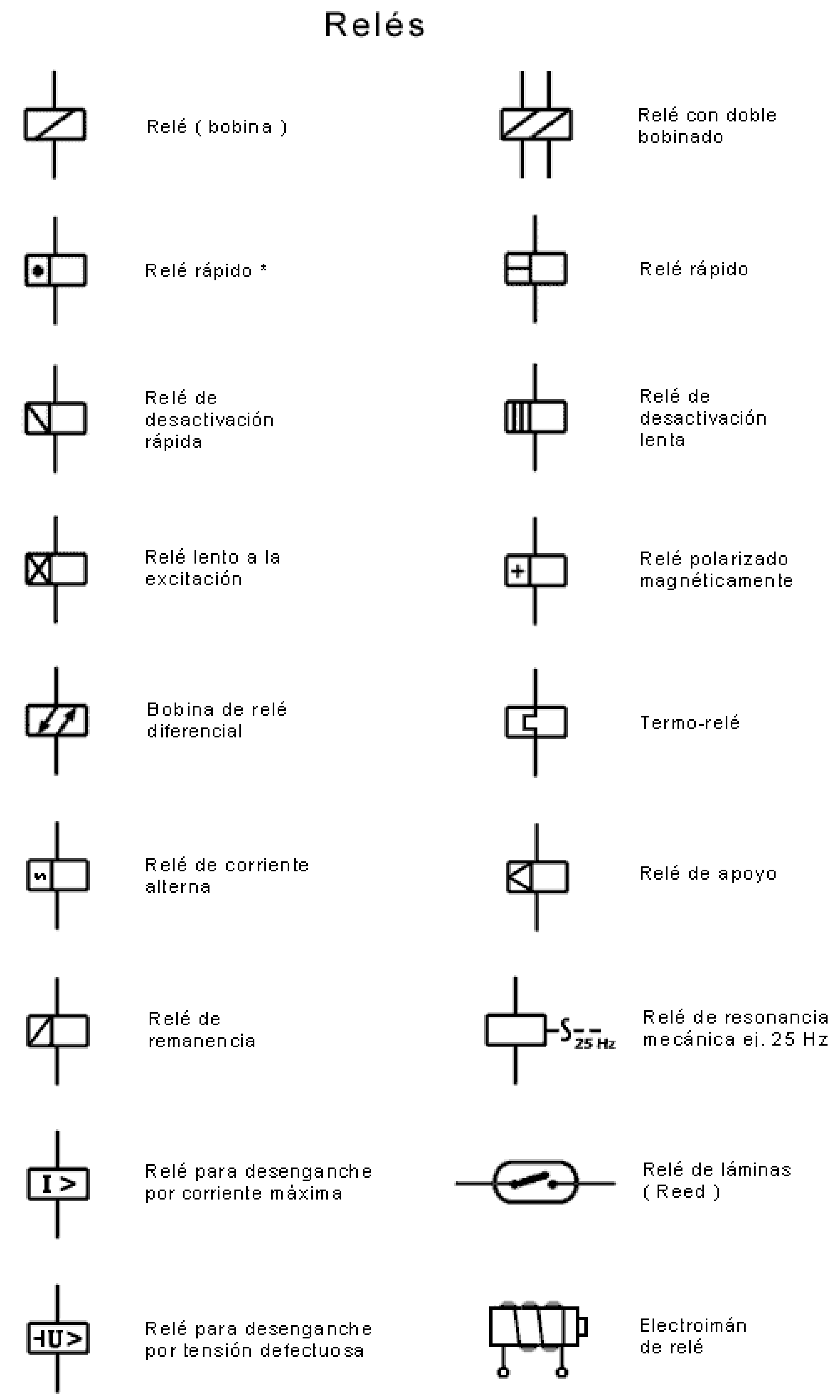

Relés
Relé ( bobina )
Relé con doble bobinado
Relé rápido *
Relé rápido
Relé de desactivación rápida
Relé de desactivación lenta
Relé lento a la excitación
Relé polarizado magnéticamente
Bobina de relé diferencial
Termo-relé
Relé de corriente alterna
Relé de apoyo
Relé de remanencia
25 Hz
Relé de resonancia mecánica ej. 25 Hz
I >
Relé para desenganche por corriente máxima
Relé de láminas ( Reed )
U >
Relé para desenganche por tensión defectuosa
Electroimán de relé

**Figura 1.1.6**

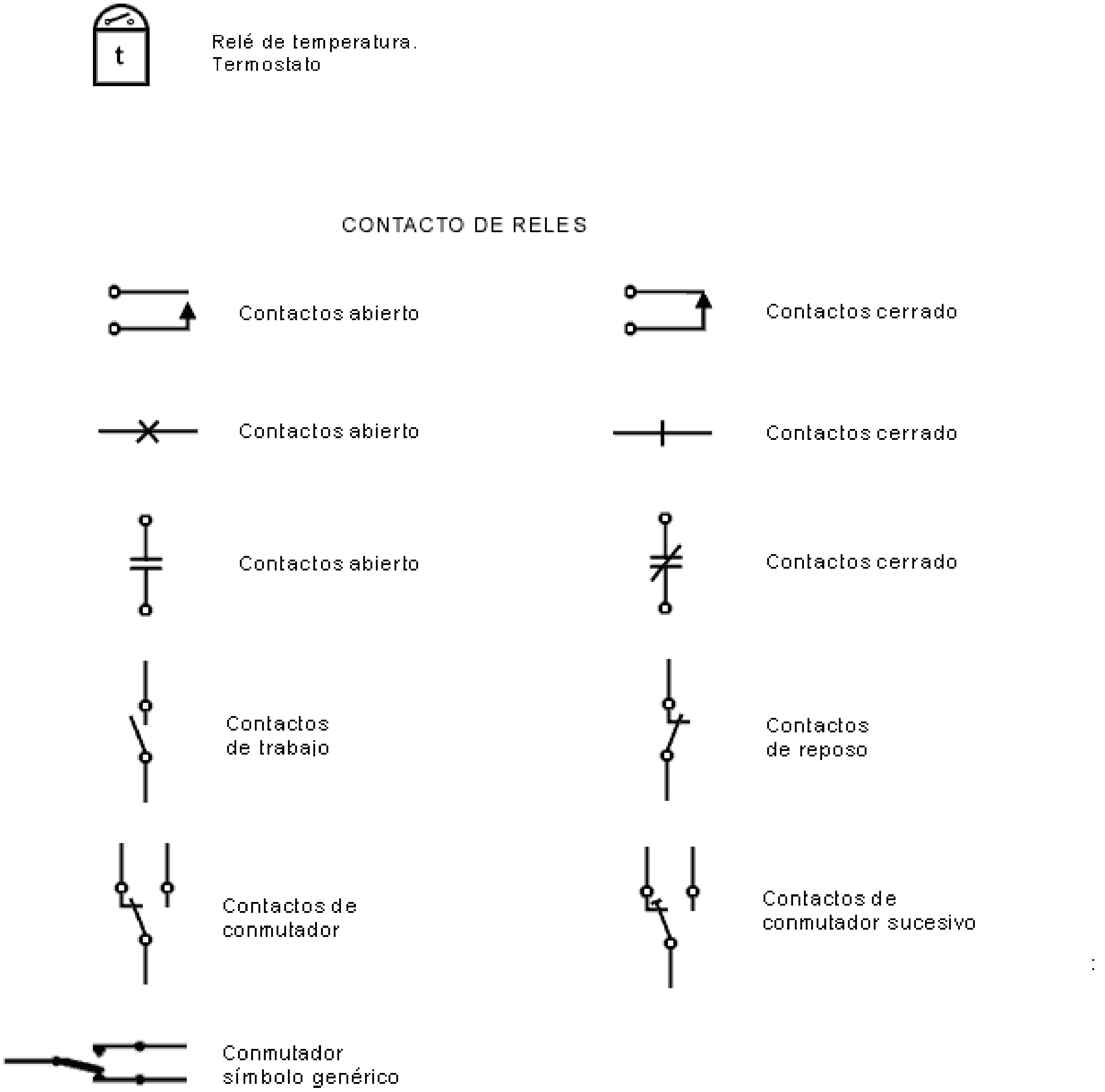

Relé de temperatura.
Termostato
t
CONTACTO DE RELES
Contactos abierto
Contactos cerrado
Contactos abierto
Contactos cerrado
Contactos abierto
Contactos cerrado
Contactos de trabajo
Contactos de reposo
Contactos de conmutador
Contactos de conmutador sucesivo
Conmutador símbolo genérico

**Figura 1.1.7**

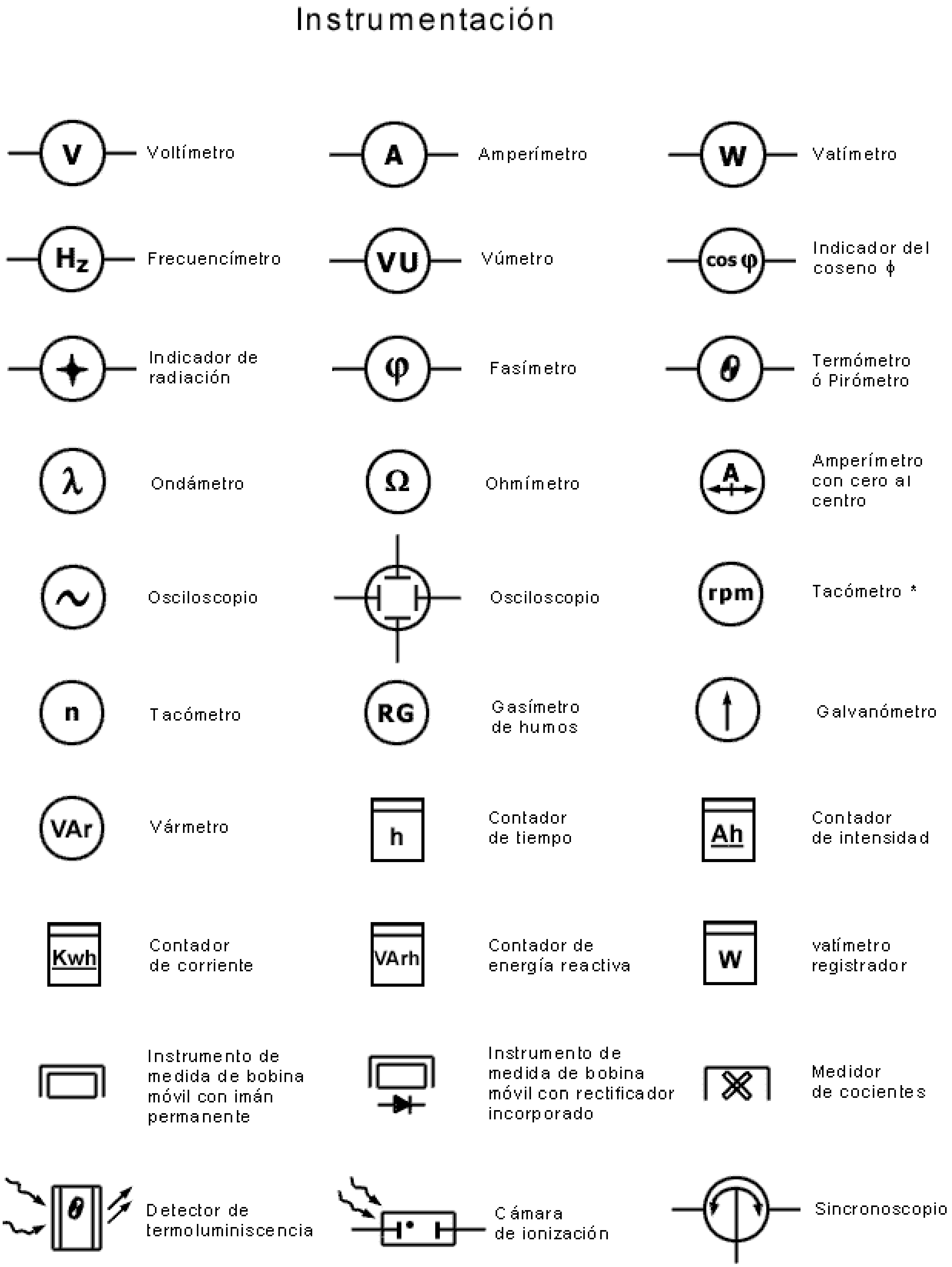
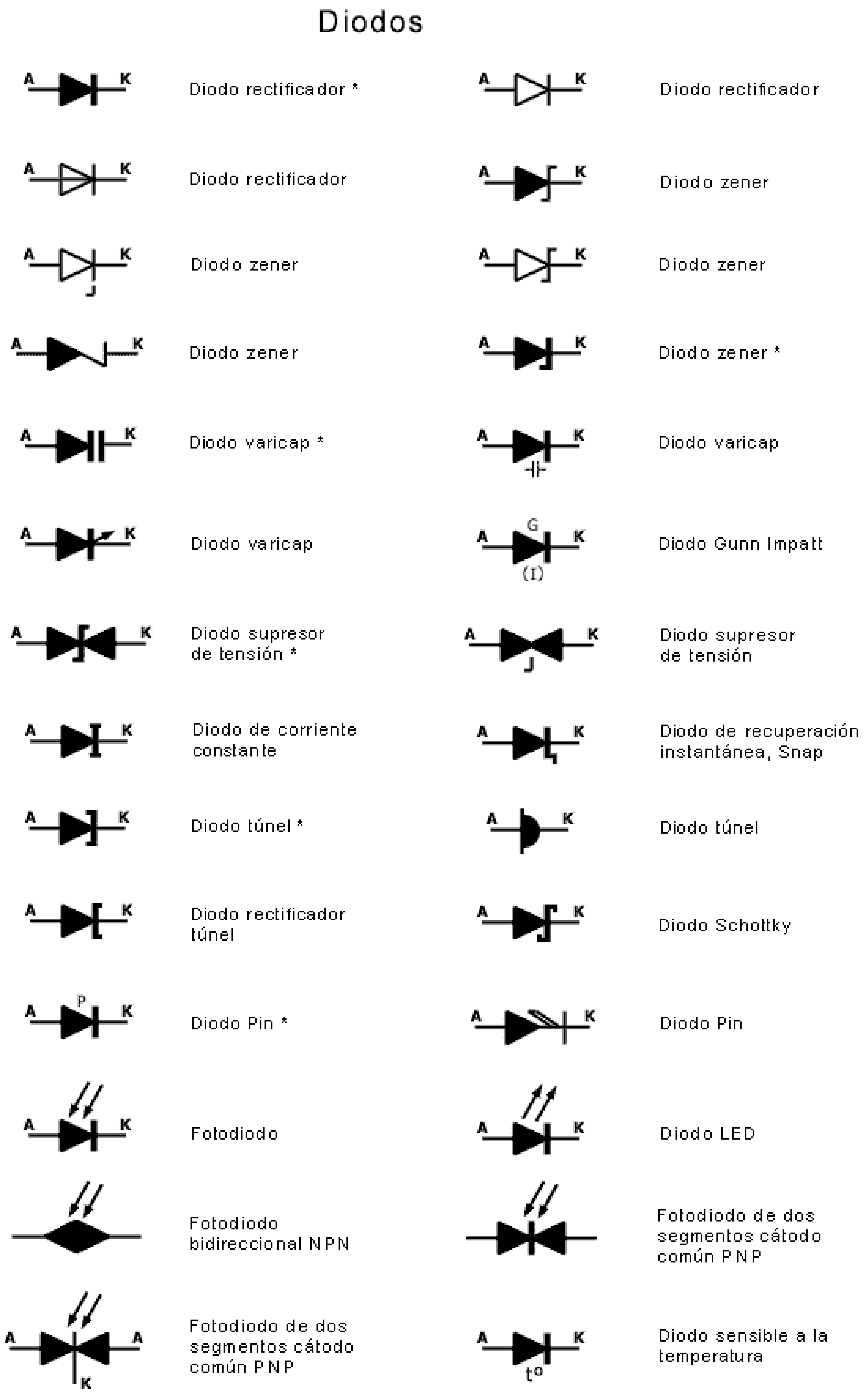

Instrumentación
V
Voltímetro
A
Amperímetro
W
Vatímetro
Hz
Frecuencímetro
VU
Vúmetro
cos φ
Indicador del coseno ϕ
Indicador de radiación
φ
Fasímetro
θ
Termómetro ó Pirómetro
λ
Ondámetro
Ω
Ohmímetro
A
Amperímetro con cero al centro
Osciloscopio
Osciloscopio
rpm
Tacómetro *
n
Tacómetro
RG
Gasímetro de humos
Galvanómetro
VAr
Vármetro
h
Contador de tiempo
Ah
Contador de intensidad
Kwh
Contador de corriente
VArh
Contador de energía reactiva
W
vatímetro registrador
Instrumento de medida de bobina móvil con imán permanente
Instrumento de medida de bobina móvil con rectificador incorporado
Medidor de cocientes
θ
Detector de termoluminiscencia
Cámara de ionización
Sincronoscopio

**Figura 1.1.8**



Diodos
A K
Diodo rectificador *
Diodo rectificador
Diodo rectificador
Diodo zener
Diodo zener
Diodo zener
Diodo zener
Diodo zener *
Diodo varicap *
Diodo varicap
Diodo varicap
G
(I)
Diodo Gunn Impatt
Diodo supresor de tensión *
Diodo supresor de tensión
Diodo de corriente constante
Diodo de recuperación instantánea, Snap
Diodo túnel *
Diodo túnel
Diodo rectificador túnel
Diodo Schottky
P
Diodo Pin *
Diodo Pin
Fotodiodo
Diodo LED
Fotodiodo bidireccional NPN
Fotodiodo de dos segmentos cátodo común PNP
Fotodiodo de dos segmentos cátodo común PNP
Diodo sensible a la temperatura
t°


**Figura 1.1.9**

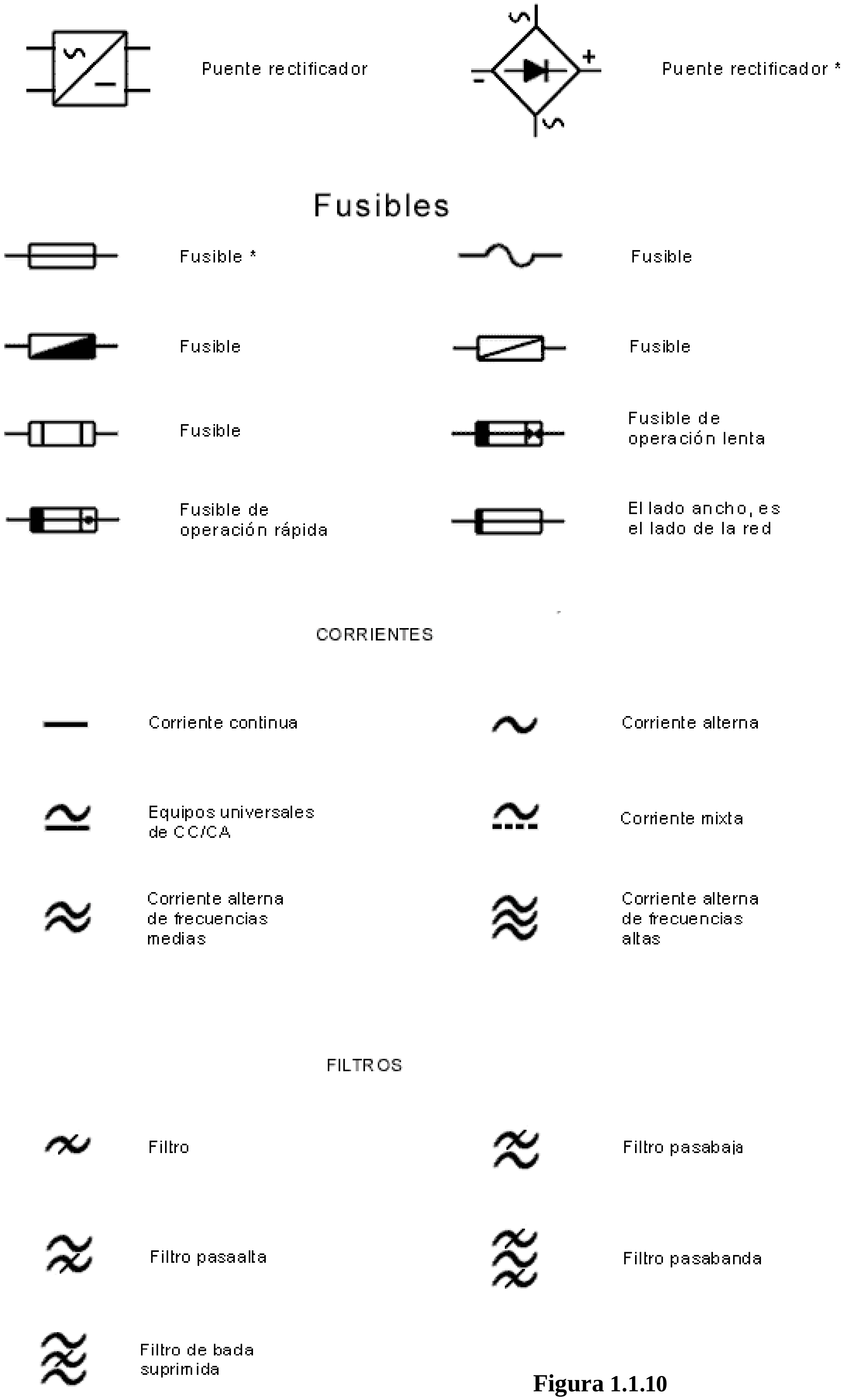
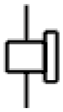
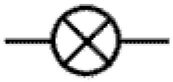
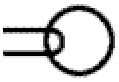
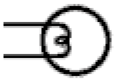
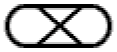
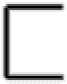
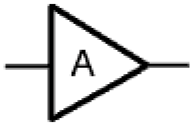
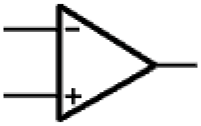
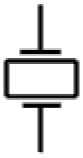
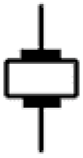
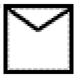
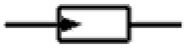
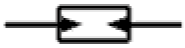
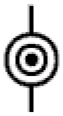
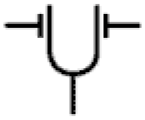
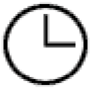

Puente rectificador
Puente rectificador *
Fusibles
Fusible *
Fusible
Fusible
Fusible
Fusible
Fusible de operación lenta
Fusible de operación rápida
El lado ancho, es el lado de la red
CORRIENTES
Corriente continua
Corriente alterna
Equipos universales de CC/CA
Corriente mixta
Corriente alterna de frecuencias medias
Corriente alterna de frecuencias altas
FILTROS
Filtro
Filtro pasabaja
Filtro pasaalta
Filtro pasabanda
Filtro de bada suprimida

**Figura 1.1.10**

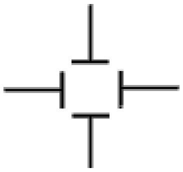
# Varios

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | Transductor * | | Transductor |
|  | Lámpara incandescente * |  | Lámpara incandescente |
|  | Lámpara incandescente |  | Lámpara de descarga |
| | Motor |  | Imán permanente |
|  | Amplificador |  | Amplificador operacional |
|  | Cristal piezoeléctrico * |  | Cristal piezoeléctrico |
| | Cristal piezoeléctrico |  | Arrancador |
| | Mecanismo apertura de puertas |  | Derivación de sobretensión |
|  | Explosor | | Detector de líquidos |
| | Sensor al tacto * |  | Sensor al tacto |
|  | Diapasón oscilado | | Célula fotovoltaica |

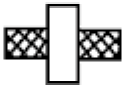


Reloj eléctrico

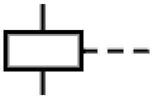
Reloj eléctrico
de contacto.
Temporizador



Placas de deflexión
electrostática



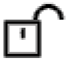
Bobina de deflexión
electromagnética



Mando
electromagnético *

Mando
electromagnético

Posición cerrada de
mecanismo de contacto
o apertura / cierre

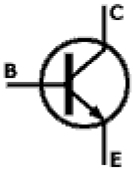


Posición abierta de
mecanismo de contacto
o apertura / cierre

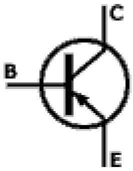
Atención
Leer documento

**Figura 1.1.11**

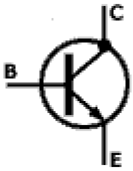
## Transistores



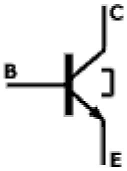

Transistor NPN



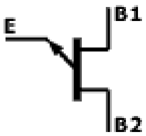

Transistor PNP



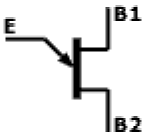

Transistor NPN con
colector unido
a la cubierta



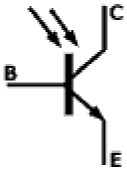

Transistor NPN tunel



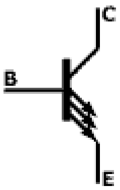

UJT- n ( Uniunión )




UJT- p ( Uniunión )




Fototransistor NPN




Multiemisor NPN

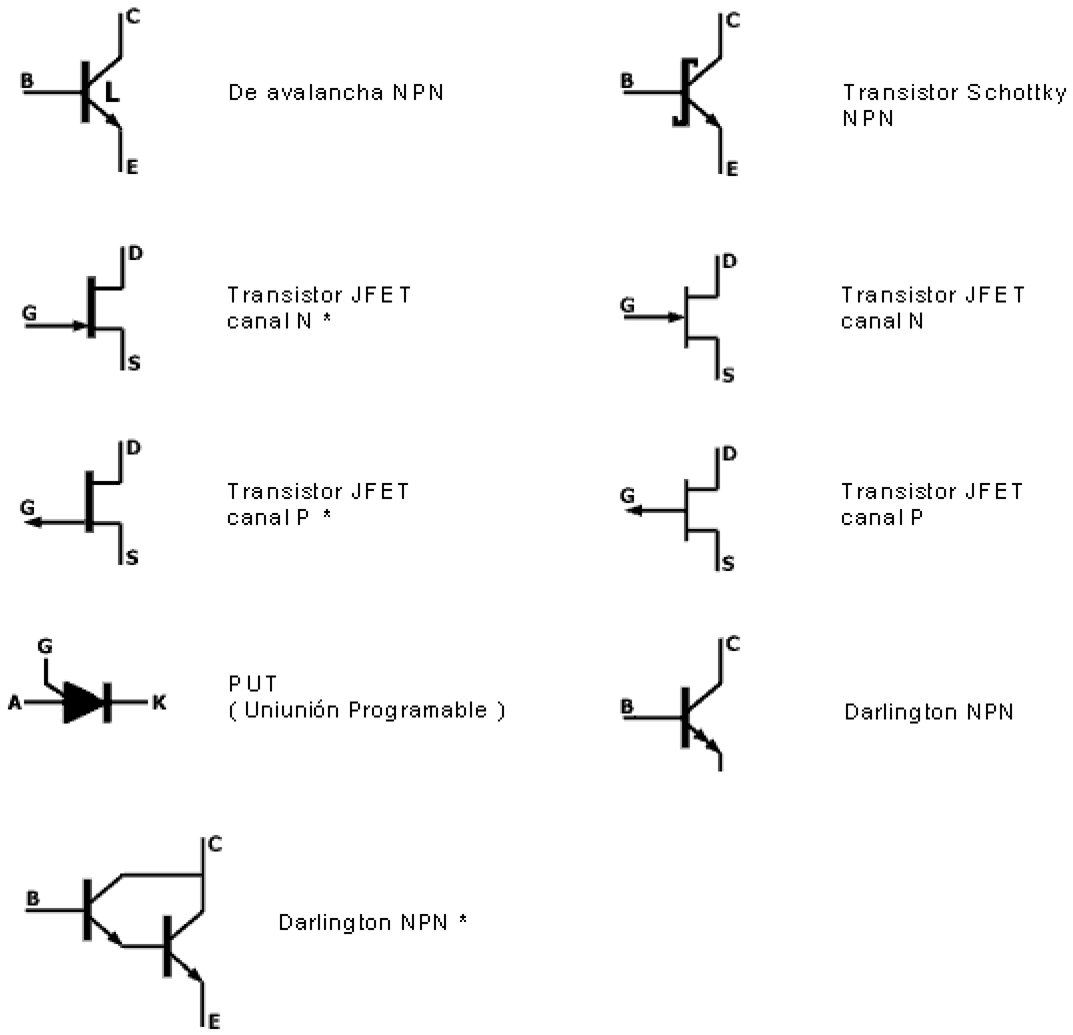

De avalancha NPN
Transistor Schottky NPN
Transistor JFET canal N *
Transistor JFET canal N
Transistor JFET canal P *
Transistor JFET canal P
PUT ( Uniunión Programable )
Darlington NPN
Darlington NPN *

**Figura 1.1.12**

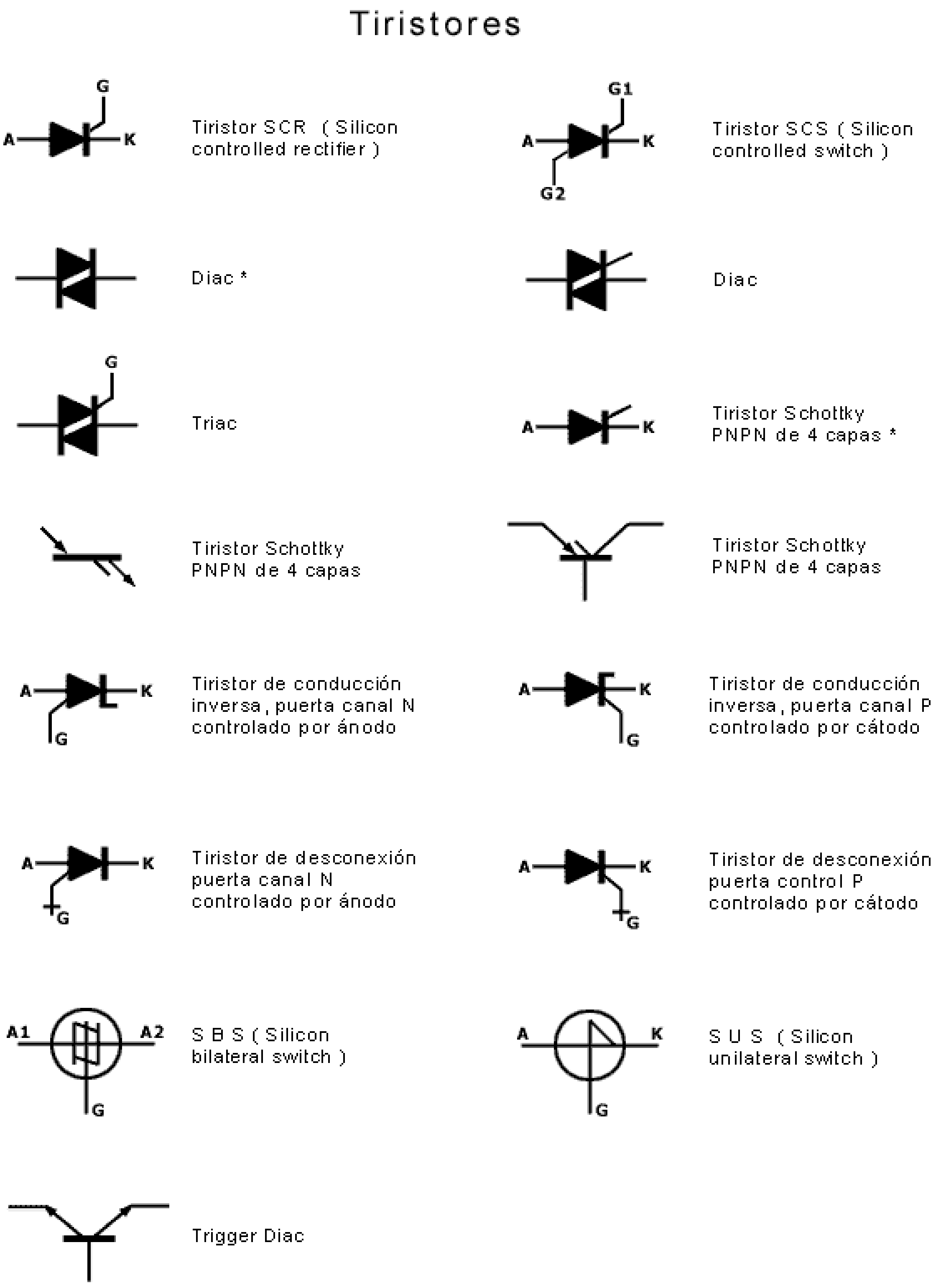

Tiristores
G
A
K
Tiristor SCR ( Silicon controlled rectifier )
G1
A
K
G2
Tiristor SCS ( Silicon controlled switch )
Diac *
Diac
G
Triac
A
K
Tiristor Schottky PNPN de 4 capas *
Tiristor Schottky PNPN de 4 capas
Tiristor Schottky PNPN de 4 capas
A
K
G
Tiristor de conducción inversa, puerta canal N controlado por ánodo
A
K
G
Tiristor de conducción inversa, puerta canal P controlado por cátodo
A
K
G
Tiristor de desconexión puerta canal N controlado por ánodo
A
K
G
Tiristor de desconexión puerta control P controlado por cátodo
A1
A2
G
S B S ( Silicon bilateral switch )
A
K
G
S U S ( Silicon unilateral switch )
Trigger Diac

**Figura 1.1.13**

## 1.2 Materia y elementos químicos

¿Como existe esta partícula de electricidad protones y electrones en el esquema de las cosas? La respuesta es que ellas son ingredientes de todas las cosas.

Todo lo que hay en el mundo que pueda verse o tocarse, aún las muchas cosas invisibles al ojo, pero que se sabe que existen, están hechas con la materia del universo. La materia existe en estados sólido, líquido o gaseoso. La sangre, piel, acero, agua, vidrio, goma, polvo, oro, humo, cobre, tabaco y aire son algunos de muchos ejemplos de materia. Químicamente hablando, toda la materia hecha con una o más de las 102 sustancias pura, identificada como elementos químicos. La palabra "pura", se aplica a un elemento químico para decir que consiste en una sola sustancia. Por definición, un elemento químico es una sustancia que no puede ser subdividida en dos o más sustancias diferentes por ningún medio químico conocido, ni puede ser producida por combinación química de dos o más sustancias diferentes.

Nosotros estamos interesados en elementos químicos porque muchos de ellos intervienen en los componentes que se utilizan en circuitos eléctricos. Se usan directamente, por ejemplo, elementos tales como el cobre, aluminio y carbón, o en compuestos o combinaciones de diferentes elementos para la construcción de componentes eléctricos.

### 1.1.3 Modelo atómico de Bohr

Todo átomo es una estructura organizada cuyas partes principales están formadas por partículas de electricidad positiva (protones) y partículas de electricidad negativa (electrones). Cuando decimos que átomo diferente de otro (cada uno representativo de un elemento químico diferente) entendemos simplemente que poseen diferentes cantidades de carga positiva, con su correspondiente cantidad de carga negativa.

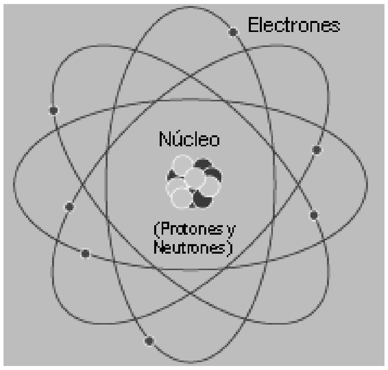
Un concepto popular del átomo, fue lanzado por Niels Bohr, físico danés. Visualizó el átomo como consistente en un centro estacionario o núcleo en el cual se concentraba toda la carga positiva del átomo (o todos los protones). Hay también en el núcleo de todos los átomos, excepto en el hidrógeno, otro tipo de partícula llamada neutrón. Cada clase de átomo contiene un número diferente de neutrones, pero dado que el neutrón no contribuye al carácter eléctrico del átomo, no hablaremos de él. Girando alrededor del núcleo, a velocidades muy altas, y a distintas distancias de él, se halla la partícula de carga negativa (electrones planetarios) que equilibran el contenido de carga positiva del átomo. En cualquier tipo de átomo, hay tantos electrones como protones en el núcleo, o lo que es lo mismo, tanta cantidad de carga negativa y positiva.

El modelo de Bohr se explica de la siguiente forma:

Existen tres tipos de partículas subatómicas:

- **El electrón, el protón y el neutrón.**
    - **El electrón** tiene una masa muy pequeña y una unidad de carga eléctrica, del tipo que llamamos negativa.
    - **El protón** tiene una masa mucho mayor que el electrón, y también una unidad de carga eléctrica, pero del tipo que llamamos positiva.
    - **El neutrón** no tiene carga eléctrica y posee una masa igual que la del protón.

- **El átomo está formado por núcleo y corteza.**
    - **En el núcleo** se encuentran aglutinados protones y neutrones, en número diferente según el elemento de que se trate.
      Por ejemplo, el hidrógeno tiene un solo protón. En cambio el sodio tiene once protones y doce neutrones.
    - **La corteza** está formada por capas, en las cuales giran los electrones en órbitas circulares alrededor del núcleo.




En cada capa hay uno o varios electrones. El número total de electrones de la corteza es igual al número de protones del núcleo, de tal manera que la carga eléctrica total de un átomo es nula.

*Número de cargas negativa "electrones" = número de cargas positivas "protones"*

**Figura 1.3.1 "El modelo atómico de Bohr"**

## 1.4 Electrones periféricos

En condiciones normales, la fuerza de atracción entre los protones en el núcleo y los electrones periféricos en los átomos de los no metales, es lo suficientemente fuerte para mantener a los electrones "fijos" dentro de la estructura atómica. Un átomo puede dejar escapar ocasionalmente alguno de sus electrones periféricos (electrones de valencia), pero por ahora supongamos que los electrones no metálicos están constituidos principalmente por átomos que se hallan en equilibrio eléctrico (siempre con igual número de protones y electrones) son átomos eléctricamente neutros.

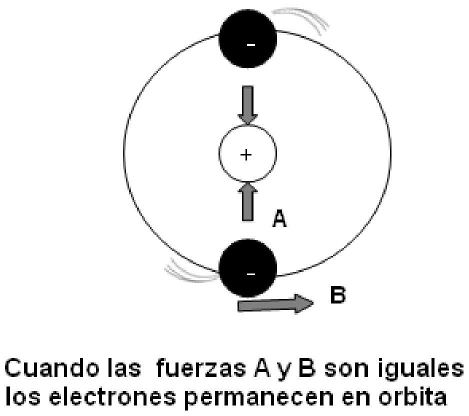



**Figura 1.4.1 "Equilibrio Eléctrico"**

Esta situación no es reversible. Provocando condiciones diferentes, tales como la aplicación de fuerzas externas, la cual es lo suficientemente intensa para romper el equilibrio entre los protones y electrones periféricos, siendo posible perturbar el equilibrio eléctrico. Literalmente se puede "extraer" uno o dos electrones del átomo, o temporalmente "agregarle" otro mas. Tales fuerzas externas se pueden producir fácilmente. Frotando una varilla de resina con una piel y una barra de vidrio con seda. Los átomos superficiales de la piel y vidrio ceden electrones, mientras que los de la resina y seda los aceptan temporalmente.

### Repulsión entre cargas del mismo signo

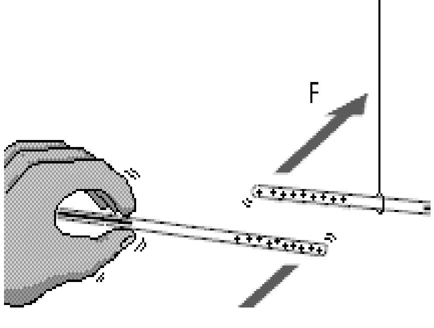



**Figura 1.4.2 "Efecto de repulsión entre cargas"**

Dos varillas con cargas del mismo signo se repelen. Para observarlo pueden frotarse dos varillas del mismo material (por ejemplo, vidrio) empleando el mismo método (por ejemplo, un paño de seda). Al ser del mismo material y haber sido frotadas de la misma forma, las varillas adquieren cargas del mismo signo. Si se cuelga una varilla de un hilo de forma que pueda girar y se le acerca la otra, la primera gira alejándose de la segunda, lo que demuestra que las cargas se repelen. Si las dos varillas tuvieran cargas

de signo opuesto, la primera se acercaría a la segunda, puesto que las cargas de distinto signo se atraen.
Pueden utilizarse tres métodos para cargar eléctricamente un objeto: 1) contacto con otro objeto de distinto material (como por ejemplo, ámbar y piel) seguido por separación; 2) contacto con otro cuerpo cargado; 3) inducción.

El efecto de las cargas eléctricas sobre conductores y no conductores se muestra en la figura 1.4.4. Un cuerpo cargado negativamente, A, está situado entre un conductor neutro, B, y un no conductor neutro, C. Los electrones libres del conductor son repelidos hacia la zona del conductor alejada de A, mientras que las cargas positivas se ven atraídas hacia la zona próxima. El cuerpo B en su conjunto es atraído hacia A, porque la atracción de las cargas distintas más próximas entre sí es mayor que la repulsión de las cargas iguales más separadas (las fuerzas entre las cargas eléctricas son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre las cargas). En el no conductor, C, los electrones no pueden moverse libremente, pero los átomos o moléculas del mismo se reorientan de forma que sus electrones constituyentes estén lo más lejos posible de A; el no conductor también es atraído por A, pero en menor medida que el conductor.

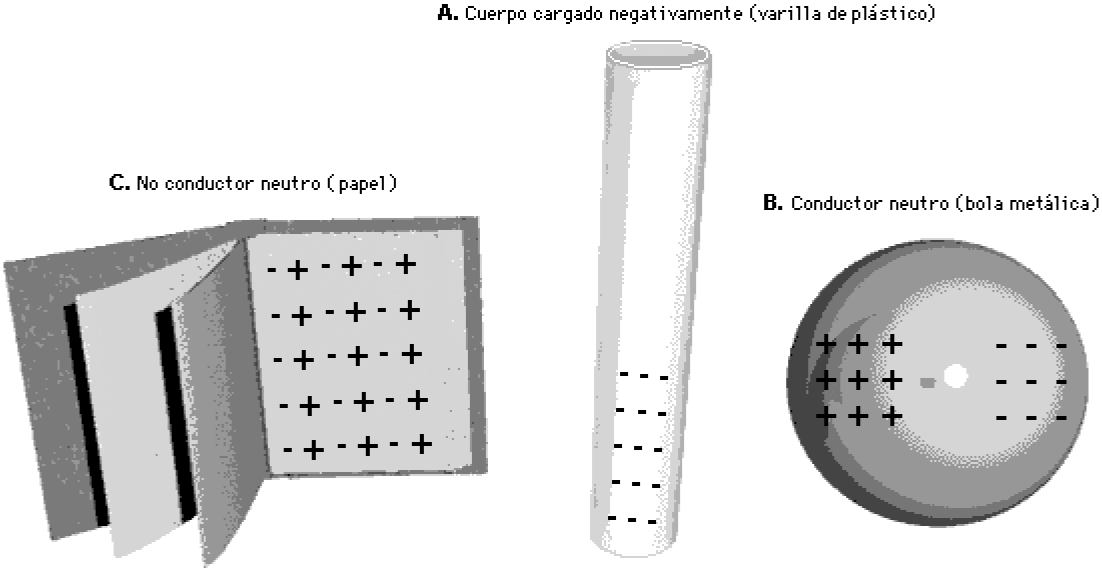



**Figura 1.4.3 "Efecto de las cargas eléctricas entre conductores"**

El movimiento de los electrones en el conductor B de la figura y la reorientación de los átomos del no conductor C proporciona a esos cuerpos cargas positivas en los lados más próximos a A y negativas en los lados más distantes de A. Las cargas generadas de esta forma se denominan cargas inducidas.

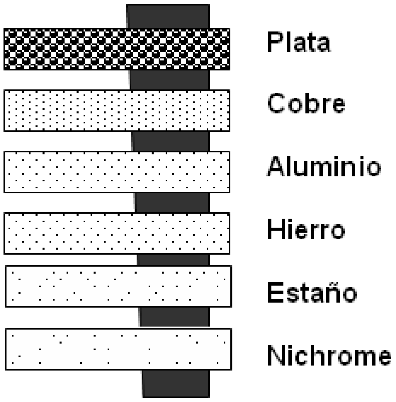
## 1.5 Electrones libres en los metales

Los electrones se hallan ligados a los átomos en los no metales. Pero en los metales los protones en el núcleo del átomo mantienen a todos los electrones periféricos, excepto uno.
La situación se explica en la siguiente forma: El electrón (o electrones) que gira a una distancia en el núcleo del átomo de un metal, lo hace siguiendo una elipse. Supongamos que las otras órbitas son circulares. Como un caso concreto, supongamos lo que sucede a un átomo de cobre. La órbita más externa, que es elíptica está ocupada por un solo átomo, en un punto de su recorrido, el

electrón está muy cerca del núcleo; en el punto puesto estará muy lejos. Cuando el electrón se halla más lejos del núcleo es despedido de la órbita porque la fuerza de atracción no es lo suficientemente fuerte para mantener el electrón en la órbita. Se supone que este fenómeno ocurre en los átomos de todos los metales, si bien no exactamente de la misma forma, en cada tipo.
Los electrones liberados se llaman "electrones libres". Transitan por los átomos del metal en forma desordenada, moviendo en una u otra dirección.

## 1.6 Conductores

Básicamente el concepto atómico de la materia y en la estructura eléctrica del átomo podemos decir que todas las cosas están hechas de electricidad. Pero, no todos los materiales son buenos caminos para la electricidad (corriente eléctrica). Conductores es el nombre asignado a una amplia categoría de materiales, a través de los cuales puede circular una cantidad práctica de corriente eléctrica en condiciones normales. La mayoría de los conductores son metálicos.




**La habilidad de un material para conducir electricidad depende de la cantidad de electrones libres**

**Figura 1.6.1**

La habilidad de un metal para conducir corriente eléctrica depende de la abundancia de electrones libres que hay en el material, siendo estas partículas eléctricas capaces de moverse a través del metal cuando el material forma parte del circuito eléctrico. Sin embargo, no todos los metales son igualmente buenos conductores. La disponibilidad de electrones libres para una longitud y sección dadas no es la misma en todas las sustancias metálicas. El gráfico de las figura indica la habilidad de los metales más comúnmente usados para servir como conductores de electricidad. La plata es el mejor, pero siendo muy caro, sólo se utiliza en casos especiales.

El cobre, es el segundo en la lista, es eficiente y barato; por eso es el más frecuentemente usado. Al final de la lista se haya el nicromo, una aleación especial manufacturada especialmente para ser un conductor de calidad inferior. Esta es una de las numerosas aleaciones que se usan para fines especiales los sistemas eléctricos.

Cualquier material que ofrezca poca resistencia al flujo de electricidad, es llamado conductor. La diferencia entre un conductor y un aislante, es que un aislante es un mal conductor de electricidad o de calor ya que todas las sustancias conducen electricidad en mayor o en menor medida. Un buen conductor de electricidad, como la plata o el cobre, puede tener una conductividad mil millones de veces superior a la de un buen aislante, como el vidrio o la mica. El fenómeno conocido como superconductividad se produce cuando al enfriar ciertas sustancias a una temperatura cercana al cero absoluto su conductividad se vuelve prácticamente infinita. En los conductores sólidos la corriente eléctrica es transportada por el movimiento de los electrones; y en disoluciones y gases, lo hace por los iones.

## 1.7 Aisladores

Estos representan un camino extremadamente malo a la corriente eléctrica bajo condiciones normales. En efecto, su función es evitar la circulación de corriente eléctrica. Para comprender la acción básica de los materiales aisladores, pensemos en un átomo que posee todos sus electrones en órbita; en otras palabras, el material contiene muy pocos electrones libres. Dado que hay muy pocos electrones libres en una determinada longitud y sección del material, es muy poca la carga que puede ser entregada de un punto a otro. No existe material que carezca por completo de electrones libres. Pero si ellos son tan pocos en número, hablando relativamente, que una cantidad de corriente eléctrica no puede circular bajo condiciones normales, podemos considerar que el material es un aislador. Ejemplo de estas sustancias son plásticos, vidrio, mica, aceite mineral, goma, papel seco, madera seca, algodón y materiales cerámicos. Las referencias anteriores no están dadas en orden a su habilidad como aisladores.
Aclaremos algunos puntos sobre los nombres asociados con materiales aisladores. El material mismo se llama material aislante, pero cuando posee una forma (grande o pequeña) y se le usa como soporte de alambres que transportan corriente eléctrica, se llama aisladores. Otra de denominación para el aislador es **dieléctrico**. Si el material se usa como una cubierta alrededor de alambres que transportan corriente eléctrica, se llama aislamiento.

## 1.8 Líneas de fuerza eléctrica

Todo electrón y protón tiene un campo eléctrico por sí mismo. La energía de la partícula fundamental se halla en ese campo. El campo eléctrico ocupa el espacio alrededor de la carga. Michael Faraday, científico irlandés explicó este campo de la siguiente forma: lo visualizó como formado por "haces de energía" que pueden ser ilustrados convenientemente por innumerables líneas rectas que salen radialmente en todas direcciones desde el centro de la carga. Llamó a estas, líneas de fuerza eléctrica, o simplemente, líneas de fuerza.

Faraday dijo que una línea de fuerza se comporta en una cierta forma. Tiene una dirección en la cual actúa; ejerce fuerza en la dirección de la flecha. La dirección es (por convención arbitraria) lo que permite el movimiento de una carga imaginaria positiva. Las flechas salen del protón y van hacia el electrón. Otra forma aceptada del comportamiento de las líneas de fuerza es la de que aquellas líneas que avanzan en la misma dirección se repelen unas a otras. Una tercera forma de comportarse, que concibió, era que las líneas de fuerza que unen cargas desiguales se comportan como bandas de goma estiradas que siempre tienen a contraerse. Así, cuando decimos que las cargas desiguales se atraen, es la atracción del campo eléctrico que empuja las cargas una hacia otra. Cuando decimos que las cargas semejantes se repelen, es que la fuerza de repulsión entre las líneas de fuerza va en la misma dirección que tiende a separar las cargas.

El concepto de líneas de fuerza es un medio sencillo para comprender la ausencia aparente de efectos eléctricos alrededor de objetos eléctricamente neutros y el campo alrededor de objetos cargados.  Existe campo eléctrico alrededor de los electrones y protones aun en un elemento descargado, pero los campos tienen igual intensidad y sentidos de acción opuestos a cualquier punto equidistante de la carga. Una carga ejerce efectos sobre la otra en cualquier punto; por eso no hay efecto detectable del campo eléctrico alrededor del objeto. Sobre esta base, a un átomo eléctricamente neutro se le considera sin campo eléctrico externo. Cuando el progreso de la carga produce una acumulación de electrones sobre un objeto, y de iones positivos sobre el otro, cada

cuerpo cargado tiene su propio campo eléctrico, pero ambos actúan mutuamente produciendo un campo único entre ellos.

En el lado de los iones positivos, cada ión contiene más protones que electrones es decir, posee un campo eléctrico formado por los protones sobrantes. La energía de este campo se detecta más allá de los límites del ión. La misma condición es cierta en el caso de los iones negativos, excepto que en el caso del campo eléctrico es debido al exceso de electrones. En el caso de la formación de campo eléctrico entre tiras de metal, se sigue el razonamiento del concepto de líneas de fuerza. Estas son sustancialmente paralelas entre las láminas, porque la fuerza de atracción entre ellas es la misma.

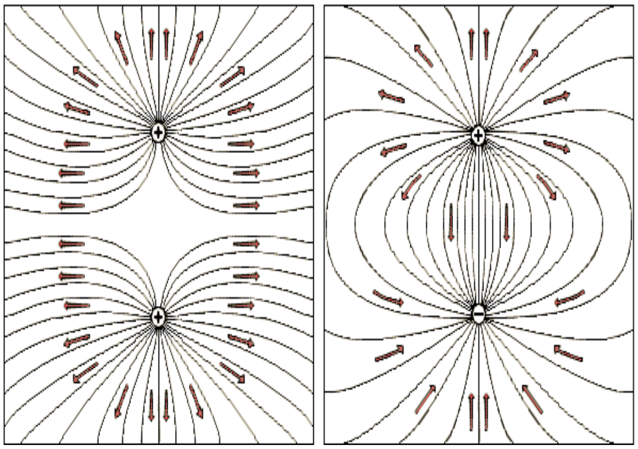


**Figura 1.8.1 "Líneas de fuerza eléctrica sobre una carga de prueba"**

Las líneas de fuerza eléctricas indican la dirección y el sentido en que se movería una carga de prueba positiva si se situara en un campo eléctrico. El diagrama de la izquierda muestra las líneas de fuerza de un campo eléctrico creado por dos cargas positivas. Una carga de prueba positiva sería repelida por ambas. El diagrama de la derecha muestra las líneas de fuerza de un campo eléctrico creado por dos cargas de signo opuesto. Una carga de prueba positiva sería atraída por la carga negativa y repelida por la positiva.

## 1.9 Resistencia eléctrica

En la terminología eléctrica, se define resistencia como oposición al flujo de la corriente eléctrica. La corriente eléctrica en el movimiento unidireccional de los electrones libres. Se puede considerar a la resistencia como la oposición al movimiento de los electrones libres, como lo muestra la figura. Cuando los electrones libres están en movimiento, hay una resistencia que se oponen a este. Esta oposición es llamada "resistividad a la C.C." (Corriente continua). La corriente continua es el flujo de corriente en una dirección. Si relacionamos este fenómeno con los metales, consideramos que todos ellos, independientemente de su forma o función, ofrecen resistencia eléctrica.

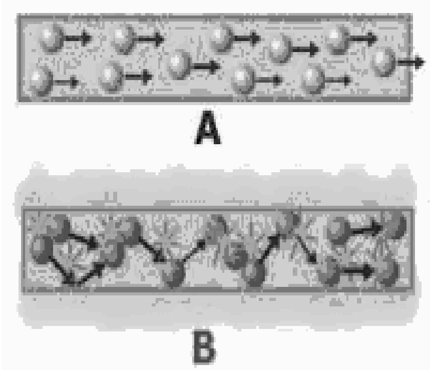



**Figura 1.9.1 "Resistencia eléctrica"**

**A.-** Electrones fluyendo por un buen conductor eléctrico, que ofrece baja resistencia.
**B.-** Electrones fluyendo por un mal conductor eléctrico, que ofrece alta resistencia a su paso. En ese caso los electrones chocan unos contra otros al no poder circular libremente y como consecuencia, generan calor.

La importancia de la resistividad radica en su efecto de control sobre la cantidad de corriente que fluye. Por ejemplo, la poca corriente que fluye en una varilla de vidrio. Esto se debe a los pocos electrones libres que existe en el vidrio. El vidrio es un aislador porque tiene pocos electrones

libres para conducir la corriente eléctrica. Interpretamos la pobre conductibilidad debido a la insuficiencia de electrones libres, como el equivalente a una alta resistencia a la corriente continua. Si bien, son varias las condiciones diferentes que determinan la resistencia, el resultado final es siempre el mismo, una limitación en la cantidad de electricidad circulante.

Todos los materiales y elementos conocidos ofrecen mayor o menor resistencia al paso de la corriente eléctrica, incluyendo los mejores conductores. Los metales que menos resistencia ofrecen son el oro y la plata, pero por lo costoso que resultaría fabricar cables con esos metales, se adoptó utilizar el cobre, que es buen conductor y mucho más barato.

Con alambre de cobre se fabrican la mayoría de los cables conductores que se emplean en circuitos de baja y media tensión. También se utiliza el aluminio en menor escala para fabricar los cables que vemos colocados en las torres de alta tensión para transportar la energía eléctrica a grandes distancias.

**A**.- Resistencia variable o reóstato fabricada con alambre nicromo (Ni-Cr).
**B**.- Potenciómetro de carbón, muy utilizado en equipos electrónicos para controlar, por ejemplo, el volumen o los tonos en los amplificadores de audio. Este potenciómetro de la figura se controla haciendo girar su eje hacia la derecha o hacia la izquierda, pero existen otros dotados de una palanquita. Deslizante para lograr el mismo fin.
**C**.- Resistencia fija de carbón, muy empleada en los circuitos electrónicos.

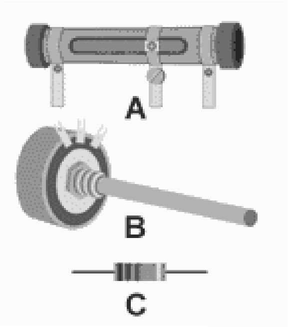



**Figura 1.9.2 "Resistencia eléctrica"**

La unidad de resistencia a la CC se indica por medio de la letra mayúscula ***R***, y cuando se simboliza se le dibuja como una línea en zig zag, dado que la cantidad de resistencia presentada al flujo de la corriente no es siempre la misma, es necesario expresar y comparar diferentes cantidades de resistencia, por lo cual se ha establecido una unidad de resistencia. Esta es el Ohm. El origen de esta palabra es por el nombre George Simon Ohm, científico alemán que estableció el concepto de la existencia de una relación definida entre la cantidad de corriente circulante, tensión aplicada y resistencia del sistema eléctrico. Este concepto define a la unidad Ohm, como la cantidad de resistencia que limita, una corriente de 1 amperio cuando hay 1voltio aplicado. Los valores prácticos de resistencia que se encuentran en los circuitos electrónicos cubren un rango que va desde fracciones de 1 ohm hasta varios millones. Por conveniencia, se ha establecido que la palabra "mili" significa un milésimo; "kilo", significa mil; "mega", significa un millón y "micro" significa una millonésima. Así, 0.001 ohm es 1 mili ohm; 1,000 ohm es 1 kilo ohm; 1, 000,000 ohm es un mega ohm y 1 micro ohm es 1/1, 000,000 o 0.000001 ohm.

## 1.10 Resistencia específica

Varios factores físicos en los conductores determinan la cantidad de resistencia que se opone a la circulación de la corriente. Ellos son: 1) clase de material; 2) longitud; 3) sección; 4) temperatura.

La base para comparar la utilidad de los metales como conductores de electricidad es la resistencia específica. Este es el valor de una cantidad óhmica estándar (1 centímetro cúbico) de la sustancia medida a una temperatura determinada (20 ºC) será resistencia específica alta, si se trata de un material de alta "resistencia"; si la resistencia específica es baja, el material es de "baja

resistencia". Cuanto más baja la resistencia específica, mejor se comporta el material como conductor de la corriente eléctrica.
Dado un determinado material conductor con una resistencia específica propia como cuanto más largo es, mayor será su resistencia. Si por ejemplo el conductor es el cobre puro y se toma un trozo de 30 centímetros de largo y 30 milímetros de diámetro, tendrá una resistencia de 0.00005 ohm, un trozo de 30 metros tendrá una resistencia 100 veces mayor o sea, 0.00005 X 100, es decir, 0.0050 ohm. Cada longitud o trozo contribuye con una parte a la resistencia total. Esto establece la siguiente regla básica: "la resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud".

## 1.11 Sección y temperatura

El grosor o sección de un alambre fabricado con un material dado tiene una gran importancia sobre su resistencia. Cuanto más grande es la sección de un alambre (grosor), menor es su resistencia por unidad de longitud; la razón es que cuanto más grande la sección, mayor es el número de electrones libres que se mueven para una determinada tensión. Dadas dos longitudes iguales de un mismo tipo de alambre A y B, con A quien tiene el doble de sección que B. (No hay que confundir área con diámetro). Podemos establecer como una regla: "la resistencia a la CC de un conductor es inversamente proporcional a su sección. Cuanto más alta es la temperatura de un conductor metálico más alta es la resistencia por unidad de longitud y sección". La razón de esto es simplemente que un aumento de temperatura produce un movimiento más violento de los electrones libres y de los átomos dentro del alambre, aumentando el número de colisiones entre los electrones y entre estos y los átomos. El resultado es que los electrones libres se retardan más de su avance a través del alambre caliente que a través del frío.

## 1.12 Calibre americano

La longitud se expresa en una variedad de unidades: pulgadas, pies o millas. En los países de habla hispana se utiliza el sistema métrico decimal. Las dos tablas de alambre para los dos sistemas se muestran en las siguientes páginas. Para expresar el área de la sección, es costumbre utilizar el milésimo circular, en cuyo caso de diámetro se establece en mil. Un mil es igual a 1/1000 pulgadas (0,001 pulgadas) (0.025 mm). Un mil circular es el área de un círculo con un diámetro de 1 mil. Esto se desprende de la fórmula del área del círculo, que es proporcional al cuadrado del diámetro, o sea a $\mathbf{d^2}$**.** Entonces, en alambre redondo con un diámetro de 100 mils tiene una sección de 100X100 = 10,000 mils circular. Si el diámetro es 400 mil, el área de la sección es 400 X 400 o sea 160,000 mils circular.
Si el alambre es rectangular, el área de la sección se expresa en mils cuadrados y es igual al ancho multiplicado por la altura, estando las dimensiones expresadas en mils. Una barra ómnibus (conexión donde se llevan todos los puntos indicados a masa) de 1 pulgada cuadrada tiene un ancho de 1,000 mils y una altura de 1,000 mils, por eso tiene una sección de 1.000.000 mils cuadradas.
Los tamaños del alambre se agrupan por nombre, y a cada uno corresponde un determinado diámetro en mils, sección en mils circular, resistencia en ohm por pie y peso. Hay muchos tipos de denominaciones para enumerar los alambres, el más frecuente usado en Norteamérica es el **AWG**, o el **B&S**.

**Tabla 1.12.1 "Calibres de Alambres"**

| Calibre No | Diámetro en Mils | Área en Mils Circular | Resistencia de cobre puro en ohm 68 ºF |
|---|---|---|---|
| | | | Ohms por 1000 pies |
| 0000 | 460.0 | 810.1 | 0.04901 |
| 000 | 409.6 | 642.6 | 0.0618 |
| 00 | 364.8 | 509.5 | 0.07793 |
| 0 | 324.9 | 404.0 | 0.09827 |
| 1 | 289.3 | 320.4 | 0.1239 |
| 2 | 257.6 | 254.1 | 0.1563 |
| 3 | 229.4 | 201.5 | 0.1970 |
| 4 | 204.3 | 159.8 | 0.2485 |
| 5 | 181.9 | 126.7 | 0.3133 |
| 6 | 162.0 | 100.5 | 0.3951 |
| 7 | 144.3 | 79.70 | 0.4982 |
| 8 | 128.5 | 63.21 | 0.6282 |
| 9 | 114.4 | 50.13 | 0.7921 |
| 10 | 101.9 | 39.75 | 0.9989 |
| 11 | 90.74 | 31.52 | 1.260 |
| 12 | 80.81 | 25.00 | 1.588 |
| 13 | 71.96 | 19.83 | 2.003 |
| 14 | 64.08 | 15.72 | 2.525 |
| 15 | 57.07 | 12.47 | 3.184 |
| 16 | 50.82 | 9.89 | 4.016 |
| 17 | 45.26 | 211600 | 5.064 |
| 18 | 40.3 | 167800 | 6.385 |
| 19 | 35.89 | 133100 | 8.051 |
| 20 | 31.96 | 105500 | 10.15 |
| 21 | 28.46 | 83690 | 12.80 |
| 22 | 25.35 | 66370 | 16.14 |
| 23 | 22.57 | 52640 | 20.36 |
| 24 | 20.10 | 41740 | 25.67 |
| 25 | 17.90 | 33100 | 32.37 |
| 26 | 15.94 | 26250 | 40.81 |
| 27 | 14.20 | 20820 | 51.47 |
| 28 | 12.64 | 16510 | 64.9 |
| 29 | 11.26 | 13090 | 81.83 |
| 30 | 10.03 | 10380 | 103.2 |
| 31 | 8.928 | 8234 | 130.1 |
| 32 | 7.950 | 6530 | 164.1 |
| 33 | 7.080 | 5178 | 206.9 |
| 34 | 6.305 | 4107 | 260.9 |
| 35 | 5.615 | 3257 | 329 |
| 36 | 5.000 | 2583 | 414.8 |
| 37 | 4.453 | 2048 | 523.1 |
| 38 | 3.965 | 1624 | 659.6 |
| 39 | 3.531 | 1288 | 831.8 |
| 40 | 3.145 | 1022 | 1049 |

**Tabla 1.12.2 "Calibres de Alambres"**

| Tabla de Calibre de Alambres | | | |
|---|---|---|---|
| **Diámetro en mm** | **Sección m** | **Resistencia Ohm/m** | **Resistencia Ohm/Kg.** |
| 0.05 | 0.00196 | 8.91 | 465.6 |
| 0.07 | 0.00385 | 4.55 | 121.2 |
| 0.1 | 0.00785 | 2.23 | 29.1 |
| 0.12 | 0.0113 | 1.55 | 14 |
| 0.15 | 0.0177 | 0.99 | 5.74 |
| 0.18 | 0.0254 | 0.688 | 2.77 |
| 0.2 | 0.0314 | 0.557 | 1.818 |
| 0.22 | 0.038 | 0.46 | |
| 0.25 | 0.0491 | 0.356 | 745 |
| 0.28 | 0.0616 | 0.284 | 472 |
| 0.3 | 0.0707 | 0.248 | 359 |
| 0.35 | 0.0962 | 0.182 | 193 |
| 0.4 | 0.1257 | 0.139 | 114 |
| 0.45 | 0.159 | 0.11 | 71 |
| 0.5 | 0.1963 | 0.0891 | 46.5 |
| 0.55 | 0.2376 | 0.0737 | 30.8 |
| 0.6 | 0.2827 | 0.0619 | 22.4 |
| 0.65 | 0.3318 | 0.0527 | 16.3 |
| 0.7 | 0.3848 | 0.0455 | 12.1 |
| 0.8 | 0.5027 | 0.0348 | 7.11 |
| 0.85 | 0.5675 | 0.0308 | 5.58 |
| 0.9 | 0.6362 | 0.0275 | 4.43 |
| 0.95 | 0.7088 | 0.0247 | 3.57 |
| 1 | 0.7854 | 0.0223 | 2.91 |
| 1.1 | 0.9503 | 0.0184 | |
| 1.2 | 1.131 | 0.0154 | |
| 1.3 | 1.327 | 0.0138 | |
| 1.4 | 1.539 | 0.0113 | |
| 1.5 | 1.767 | 0.0099 | |
| 1.6 | 2.011 | 0.0087 | |
| 1.7 | 2.27 | 0.0071 | |
| 1.8 | 2.545 | 0.0068 | |
| 1.9 | 2.835 | 0.0061 | |
| 2 | 3.142 | 0.0055 | |
| 2.1 | 3.464 | 0.005 | |
| 2.2 | 3.801 | 0.0046 | |
| 1.3 | 4.155 | 0.0042 | |
| 2.4 | 4.524 | 0.0038 | |
| 2.5 | 4.909 | 0.0035 | |
| 2.6 | 5.309 | 0.0032 | |
| 2.7 | 5.726 | 0.003 | |
| 2.8 | 6.158 | 0.0028 | |
| 2.9 | 6.605 | 0.0026 | |
| 3 | 7.069 | 0.0024 | |

## 1.13 Semiconductores

Existen diferentes tipos de resistencias cuyo valor puede depender de la temperatura, de la luz, de la inducción magnética, de la tensión y del sentido de la tensión (rectificadores). Los materiales empleados para construirlas son elementos semiconductores (germanio, silicio) o sus compuestos (arsénico de galio). Los semiconductores son sustancias cuyos electrones de valencia están fuertemente ligados a la red cristalina, con lo que no pueden contribuir al transporte de cargas. Los semiconductores son malos conductores eléctricos a temperatura ambiente. Al aumentar la temperatura de los átomos soltaran algunos de los enlaces de los electrones de valencia. De este modo dispondremos de portadores de carga negativos que aumentaran la conductividad del material. La conductividad de los semiconductores crece al aumentar la temperatura, cuando los semiconductores se "impurifican" con otros elementos, estos átomos extraños perturbaran la estructura regular de la red cristalina y la conductividad aumentara. La conductividad de los semiconductores aumenta con la contaminación. Los materiales de partida de los semiconductores son principalmente el germanio y el silicio, y las impurezas, aluminio, boro, galio o indio, así como antimonio, arsénico o fósforo.

| Elemento | Grupo | Electrones en la última capa |
|---|---|---|
| Cd | II B | $2 e^-$ |
| Al, Ga, B, In | III A | $3 e^-$ |
| Si, Ge | IV A | $4 e^-$ |
| P, As, Sb | V A | $5 e^-$ |
| Se, Te, (S) | VI A | $6 e^-$ |

Un **semiconductor** es una sustancia que se comporta como conductor o como aislante dependiendo de la temperatura del ambiente en el que se encuentre. Los elementos químicos semiconductores de la tabla periódica se indican en la tabla. El elemento semiconductor más usado es el silicio, aunque idéntico comportamiento presentan las combinaciones de elementos de los grupos 2 y 3 con los de los grupos VI y V respectivamente (AsGa, PIn, AsGaAl, TeCd, SeCd y SCd). De un tiempo a esta parte se ha comenzado a emplear también el azufre. La característica común a todos ellos es que son tetravalentes, teniendo el silicio una configuración electrónica $s^2p^2$.

Para que la conducción de la electricidad sea posible es necesario que haya electrones que no estén ligados a un enlace determinado (banda de valencia), sino que sean capaces de desplazarse por el cristal (banda de conducción). La separación entre la banda de valencia y la de conducción se llama banda prohibida, porque en ella no puede haber portadores de corriente. Así podemos considerar tres situaciones:

- Los metales, en los que ambas bandas de energía se superponen, son conductores.
- Los aislantes (o consoladores), en los que la diferencia existente entre las bandas de energía, del orden de 6 eV impide, en condiciones normales el salto de los electrones.
- Los **semiconductores**, en los que el salto de energía es pequeño, del orden de 1 eV, por lo que suministrando energía pueden conducir la electricidad; pero además, su conductividad puede regularse, puesto que bastará disminuir la energía aportada para que sea menor el número de electrones que salte a la banda de conducción; cosa que no puede hacerse con los metales, cuya conductividad es constante, o más propiamente, poco variable con la temperatura.

### Tipos de semiconductores

Un cristal de silicio forma una estructura tetraédrica similar a la del carbono mediante enlaces covalentes entre sus átomos. Cuando el cristal se encuentra a temperatura ambiente, algunos electrones pueden, absorbiendo la energía necesaria, saltar a la banda de conducción, dejando el

correspondiente hueco en la banda de valencia. Las energías requeridas, a temperatura ambiente son de 1,12 y 0,67 eV para el silicio y el germanio respectivamente.

Obviamente el proceso inverso también se produce, de modo que los electrones pueden caer desde el estado energético correspondiente a la banda de conducción, a un hueco en la banda de valencia liberando energía. A este fenómeno, se le denomina recombinación. Sucede que, a una determinada temperatura, las velocidades de creación de pares e-h, y de recombinación se igualan, de modo que la concentración global de electrones y huecos permanece invariable. Siendo "n" la concentración de electrones (cargas negativas) y "p" la concentración de huecos (cargas positivas), se cumple que: $\mathbf{n_i = n = p}$

Siendo **ni** la concentración intrínseca del semiconductor, función exclusiva de la temperatura. Si se somete el cristal a una diferencia de **tensión, se producen dos corrientes eléctricas. Por un lado la debida al movimiento de los electrones libres de la banda** de conducción, y por otro, la debida al desplazamiento de los electrones en la banda de valencia, que tenderán a saltar a los huecos próximos (2), originando una corriente de huecos en la dirección contraria al campo eléctrico cuya velocidad y magnitud es muy inferior a la de la banda de conducción.

**Semiconductores extrínsecos**

Si a un semiconductor intrínseco, como el anterior, se le añade un pequeño porcentaje de impurezas, es decir, elementos trivalentes o pentavalentes, el semiconductor se denomina extrínseco, y se dice que está **dopado**. Evidentemente, las impurezas deberán formar parte de la estructura cristalina sustituyendo al correspondiente átomo de silicio.

**Semiconductor tipo N**

Un Semiconductor tipo N se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado añadiendo un cierto tipo de átomos al **semiconductor** para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso negativas o electrones).

Cuando el material dopante es añadido, éste aporta sus electrones más débilmente vinculados a los átomos del semiconductor. Este tipo de agente dopante es también conocido como material donante ya que da algunos de sus electrones.

El propósito del dopaje tipo n es el de producir abundancia de electrones portadores en el material. Para ayudar a entender como se produce el dopaje tipo n considérese el caso del silicio (Si). Los átomos del silicio tienen una valencia atómica de cuatro, por lo que se forma un enlace covalente con cada uno de los átomos de silicio adyacentes. Si un átomo con cinco electrones de valencia, tales como los del grupo VA de la tabla periódica (Ej. fósforo (P), arsénico (As) o antimonio (Sb)), se incorpora a la red cristalina en el lugar de un átomo de silicio, entonces ese átomo tendrá cuatro enlaces covalentes y un electrón no enlazado. Este electrón extra da como resultado la formación de "electrones libres", el número de electrones en el material supera ampliamente el número de huecos, en ese caso los electrones son los portadores mayoritarios y los huecos son los portadores minoritarios. A causa de que los átomos con cinco electrones de valencia tienen un electrón extra que "dar", son llamados átomos donadores. Nótese que cada electrón libre en el semiconductor nunca está lejos de un ión dopante positivo inmóvil, y el material dopado tipo N generalmente tiene una carga eléctrica neta final de cero.

**Semiconductor tipo P**

Un Semiconductor tipo P se obtiene llevando a cabo un proceso de dopado, añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para poder aumentar el número de portadores de carga libres (en este caso positivos o huecos).

Cuando el material dopante es añadido, éste libera los electrones más débilmente vinculados de los átomos del semiconductor. Este agente dopante es también conocido como material aceptor y los átomos del semiconductor que han perdido un electrón son conocidos como huecos.

El propósito del dopaje tipo P es el de crear abundancia de huecos. En el caso del silicio, un átomo trivalente (típicamente del grupo 3A de la tabla periódica) de los átomos vecinos se le une completando así sus cuatro enlaces. Así los dopantes crean los "huecos". Cada hueco está asociado con un ion cercano cargado negativamente, por lo que el semiconductor se mantiene eléctricamente neutro en general. No obstante, cuando cada hueco se ha desplazado por la red, un protón del átomo situado en la posición del hueco se ve "expuesto" y en breve se ve equilibrado por un electrón. Por esta razón un hueco se comporta como una cierta carga positiva. Cuando un número suficiente de aceptores son añadidos, los huecos superan ampliamente la excitación térmica de los electrones. Así, los huecos son los portadores mayoritarios, mientras que los electrones son los portadores minoritarios en los materiales tipo P. Los diamantes azules (tipo 2b), que contienen impurezas de boro (B), son un ejemplo de un semiconductor tipo P que se produce de manera natural.

## 1.14 La pila primaria

Algunos experimentos realizados en el siglo XV3, permitieron descubrir que cuando dos materiales desiguales, tales como zinc y carbón (o cobre utilizado en lugar de carbón) se sumergen en una solución acida (acido sulfúrico diluido en agua), la acción química produce una fuerza electromotriz entre el zinc y el carbón. Los materiales sumergidos en el acido se llaman electrodos, siendo el zinc el negativo y el carbón (o cobre) el positivo. La solución del acido diluido se llama electrólito; el conjunto se denomina pila. Frecuentemente se confunde a las pilas con las baterías. En realidad la pila es una unidad básica; dos o más pilas constituyen una batería. En al pila, el electrodo de zinc se va disolviendo lentamente mientras se halla en funcionamiento. Se puede llegar al caso de que el zinc se consuma de tal manera que la pila deja de funcionar. Cuando se llega a este punto la pila ha alcanzado el final de su vida útil. En otras palabras, la pila primaria tiene vida útil limitada, después de lo cual su funcionamiento no puede volver a condiciones normales.

Llamaremos pila eléctrica a un dispositivo que genera energía eléctrica por un proceso químico transitorio, tras de lo cual cesa su actividad y han de renovarse sus elementos constituyentes, puesto que sus características resultan alteradas durante el mismo. Se trata de un generador primario. Esta energía resulta accesible mediante dos terminales que tiene la pila, llamados polos, electrodos o bornes. Uno de ellos es el polo positivo o ánodo y el otro es el polo negativo o cátodo.

En castellano ha venido siendo costumbre llamarla así, mientras que al dispositivo recargable o acumulador, se ha venido llamando batería. Tanto pila como batería son términos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad, en los que se juntaban varios elementos o celdas —en el primer caso uno encima de otro, "apilados", y en el segundo adosados lateralmente, "en batería"—

como se sigue haciendo actualmente, para así aumentar la magnitud de los fenómenos eléctricos y poder estudiarlos sistemáticamente. De esta explicación se desprende que cualquiera de los dos nombres serviría para cualquier tipo, pero la costumbre ha fijado la distinción.

La estructura fundamental de una pila consiste en piezas de dos metales diferentes introducidas en un líquido conductor de la electricidad o electrólito. Aunque la apariencia de cada una de estas celdas sea simple, la explicación de su funcionamiento dista de serlo y motivó una gran actividad científica en los siglos XIX y XX, así como diversas teorías, y la demanda creciente que tiene este producto en el mercado sigue haciendo de él objeto de investigación intensa.

El agua que tenga sales disueltas, es decir, agua ordinaria o agua con sal añadida, es un ejemplo de electrólito, pues el agua pura es prácticamente un aislante eléctrico. El electrólito es conductor porque contiene iones libres, partículas dotadas de carga eléctrica que pueden desplazarse por su interior. Si se sumergen en él dos electrodos y se hace pasar una corriente eléctrica por el circuito así formado, se producen reacciones químicas entre las sustancias del conjunto. Este proceso es el conocido fenómeno de la electrólisis. Las pilas son el proceso inverso de la electrólisis, es decir, en ellas los elementos están dispuestos de tal modo que la reacción química que se produce entre sus constituyentes cuando se cierra el circuito genere una diferencia de potencial en los electrodos, de modo que se pueda suministrar corriente eléctrica a una carga externa.

El funcionamiento de una pila se basa en el potencial de contacto entre un metal y un electrólito, esto es, el potencial que se produce al poner en contacto un metal con un líquido

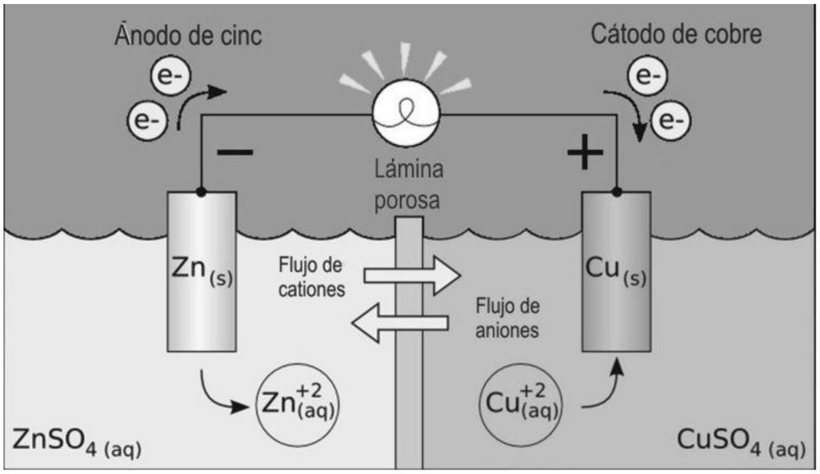



**Figura 1.14.1 “Funcionamiento de una pila”**

Así, al introducir una placa de zinc (Zn) en agua, el zinc se disuelve algo en forma de iones $Zn^{++}$ que pasan al líquido; esta emisión de iones hace que la placa adquiera una carga negativa respecto al líquido, pues tiene ahora un exceso de electrones, creándose entre ambos una diferencia de potencial.

Los iones que están en el líquido ejercen una presión que se opone a la continuación de la disolución, la cual se detendrá cuando se alcance un valor determinado, llamado tensión de disolución. Cuando se cierra el circuito externo, los electrones del zinc retornan a través de él al polo opuesto, mientras que en el interior del electrólito se reanuda la corriente de iones que circula en sentido contrario. La imagen precedente muestra el esquema electroquímico de una celda Daniel, que se describe luego con más detalle —incidentalmente, obsérvese que las denominaciones de ánodo y cátodo se utilizan sobre la base del flujo de electrones por el circuito externo y no en el sentido habitual, según el cual la corriente va del polo positivo al negativo—.

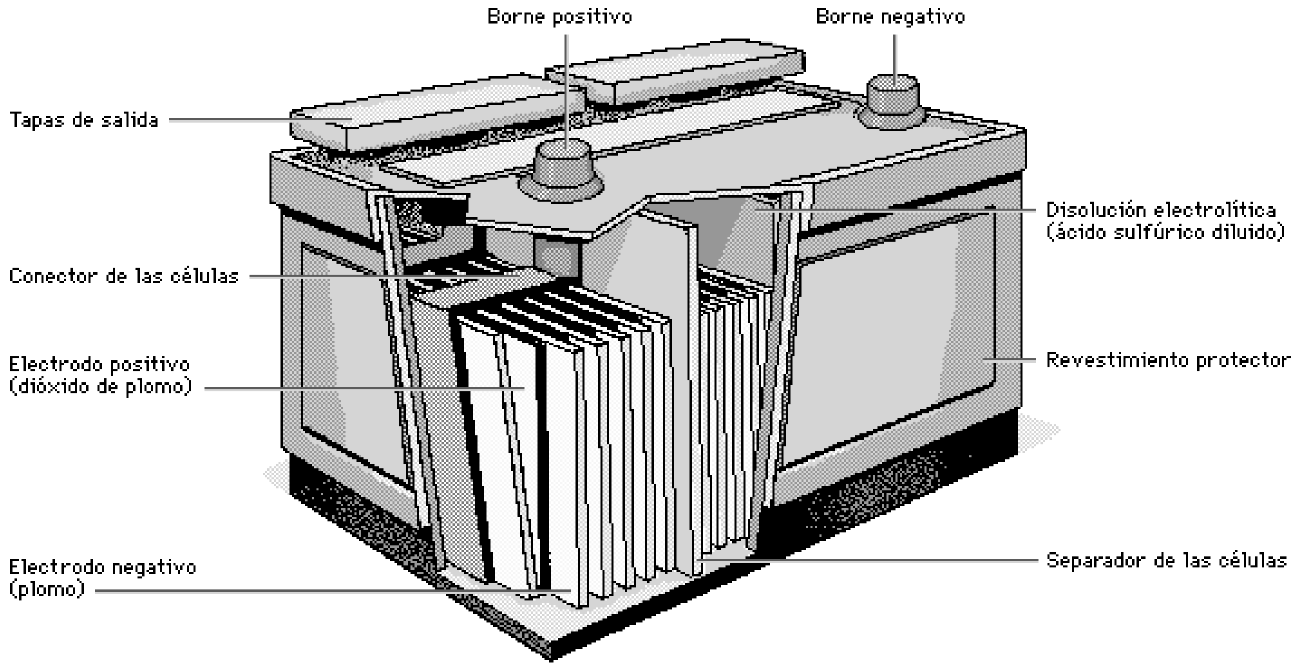



**Figura 1.14.2 "Acumulador de Plomo"**

**Pila Zinc-Carbón**

La pila más popular y más utilizada es del tipo Zinc-carbón, a veces denominada **Le Clanche**. En esta pila el electrodo positivo es de carbón (C) y el negativo de zinc (Zn). El electrólito es un producto químico conocido como cloruro de amonio ($NH_4CL$) frecuentemente llamado sal de amoníaco. EL electrodo negativo es de la forma de un recipiente y contiene la totalidad de la pila. El electrodo positivo tiene forma de una varilla de carbón y esta colocada en el centro de la pila. El electrólito esta mezclado con almidón o con harina formando una pasta, es decir que una pila seca, realmente no es "seca". En efecto, cuando el electrólito se seca, la pila deja de funcionar. Alrededor del electrodo de carbón se coloca una capa de dióxido de manganeso ($MnO_2$) finamente pulverizado que actúa como despolarizador.

Cuando la pila trabaja correctamente, entre los terminales positivo y negativo aparece una diferencia de potencial de 1.5 volts. Cuando la pila se "agota", ya sea porque se ha secado el electrólito, o porque se ha consumido la cubierta de zinc, la tensión entre los terminales disminuye. Cuando tiene 1.1 volts (descargada) este tipo de pila es inútil para la mayoría de la aplicaciones y no puede volver a cargarse, y debe de ser descartada. Combinaciones diferentes de distintos metales y electrólitos pueden producir diferentes voltajes entre los terminales.

## 1.15 Generación de fuerza electromotriz

Existe una gran cantidad de dispositivos que puede generar energía eléctrica. Por ejemplo, dos placas opuestamente cargadas pueden ser fuente de una fuerza electromotriz, tanto más fuerte cuanto mayor sea la carga. El frotamiento de resina con piel o del vídeo con seda separa electrones de los átomos y produce una fuerza electromotriz entre estos cuerpos cargados. También hicimos una referencia anterior a las baterías. Ésta genera una fuerza electromotriz por acción química

interna, continúan mientras persista el fenómeno químico. Las máquinas rotativas conocidas como generadores, constituye otra categoría de aparatos que genera fuerza electromotriz, hay otras sustancias, que como las placas de cuarzo y de sal de Rochelle, cuando están sujetas a una presión o una deformación física, separaran electrones de sus átomos, generando una fuerza electromotriz entre sus caras. Esto se conoce como efecto piezoeléctrico. Dos metales distintos colocados en contacto entre sí, generan una fuerza electromotriz entre sus extremos, cuando se calienta el punto de contacto. También se puede generar tensión por medio de celdas fotovoltaicas, que son activadas por luz natural. En la actualidad existen plantas que generan electricidad utilizando energía nuclear.

Para producir un flujo de corriente en cualquier circuito eléctrico es necesaria una fuente de fuerza electromotriz. Las fuentes disponibles son las siguientes: 1) máquinas electrostáticas, que se basan en el principio de inducir cargas eléctricas por medios mecánicos; 2) máquinas electromagnéticas, en las que se genera corriente desplazando mecánicamente un conductor a través de un campo o campos magnéticos; 3) células voltaicas, que producen una fuerza electromotriz a través de una acción electroquímica; 4) dispositivos que producen una fuerza electromotriz a través de la acción del calor; 5) dispositivos que generan una fuerza electromotriz por la acción de la luz; 6) dispositivos que producen una fuerza electromotriz a partir de una presión física, como los cristales piezoeléctricos .

## 1.16 El circuito eléctrico

Circuito eléctrico, es un trayecto o ruta de una corriente eléctrica. El término se utiliza principalmente para definir un trayecto continuo compuesto por conductores y dispositivos conductores, que incluye una fuente de fuerza electromotriz que transporta la corriente por el circuito. Un circuito de este tipo se denomina circuito cerrado, y aquéllos en los que el trayecto no es continuo se denominan abiertos. Un cortocircuito es un circuito en el que se efectúa una conexión directa, sin resistencia, inductancia ni capacitancia apreciables, entre los terminales de la fuente de fuerza electromotriz.

A la electricidad se le hace efectuar trabajos utilizándola en circuitos eléctricos. Este es una combinación de componentes eléctricos que permite realizar una función específica, para la cual han sido creados. Básicamente todo circuito eléctrico consiste en tres elementos fundamentales:

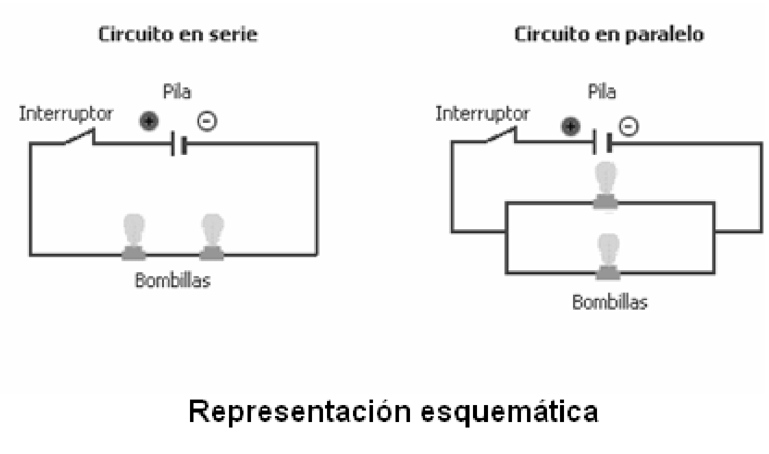



**Figura 1.16.1**

1. **Una fuente de tensión:** existen una diversidad de fuentes de tensión, como las pilas, los generadores y los cristales.
2. **Una carga:** es el componente para el cual se realiza el circuito. Cuando hay tensión aplicada y circula corriente, la carga realiza algún trabajo. La carga puede ser una lámpara, un tostador, un motor eléctrico etcétera. Que ópera por medio de la corriente eléctrica.

3. **Un conductor**: la carga debe ser conectada a la fuente de alimentación. En los circuitos eléctricos, el conductor que conecta la carga con la fuente de tensión, es invariablemente un alambre de cobre. En un circuito eléctrico debe estar completo el camino de la corriente. Esto significa que debe haber un conductor desde el terminal negativo de la fuente hasta la carga, de ahí otro de retorno hasta la terminal positiva. Si falta alguno de los componentes anteriores, no hay circuito eléctrico, es común que se hagan referencia a las fuentes de alimentación independientemente del tipo que sea. Normalmente se suele agregar un interruptor y un fusible en los circuitos eléctricos.

## 1.17 Unidad de fuerza electromotriz

La cantidad de tensión se expresa por medio de un número. Así, las salida de una pila para linterna es de 1.5 volts; la batería para automóvil tiene una fuerza electromotriz de 12 volts. Otras fuentes de fuerza electromotriz pueden dar 10,120 o 5,000 volts.

Es práctica aceptada hablar de la fuerza electromotriz de un aparato en términos de tensión de salida. Entonces cuando decimos que la tensión de salida de una pila de linterna es de 1.5 volts, queremos decir que desarrolla una fuerza electromotriz de 1.5 volts. Las tensiones pueden ser tan altas como varios cientos de volts o tan bajas, como la fracción de una millonésima de volt. Algunas veces es conveniente denominarlas por un prefijo que tenga un significado numérico. Por ejemplo, es muy común utilizar el prefijo “kilo” para decir 1000. En otras palabras, 1 kilo volt (Kv) significa 1000 volts. Cuando la tensión se haya comprendida entre el valor de 1 y 999, la cantidad se expresa como un número simple, pasando 999, se debe utilizar el prefijo kilo.

Las tensiones menores que 1 volt, se expresan por decimales y a veces por medio de un número asociado a un prefijo. Por ejemplo, el prefijo “mili” significa un milésimo; el prefijo “micro” significa un millonésimo. Para decir tres milésimas de volt, se habla de 3 mili volt (3mV), y cuando se escribe la cantidad, se expresa usando decimales: 0.003 volt. En forma similar, 100 millonésimas de 1 volt, se dice 100 micro volts (100μV) y para los cálculos se expresa como 0.0001 V.

## 1.18 El amperio

Hemos hablado del fluir de la corriente eléctrica como un movimiento de electrones libres bajo la influencia de una fuerza electromotriz. Hemos aprendido que los electrones libres se mueven de átomo en átomo yendo hacia el positivo de la fuente y alejándose del negativo. El movimiento de los electrones individuales no es muy rápido, pero si lo son sus efectos eléctricos, aproximadamente 300.00 Km. Por segundo, como la velocidad de la luz. Cuando un electrón es atraído al terminal positivo, hay una deficiencia de carga negativa en el área vacante. A esa zona es atraído un nuevo electrón libre. Este efecto se produce a todo lo largo del conductor con el terminal positivo atrayendo y el negativo repeliendo a los electrones libres. Entonces, dejando de lado el hecho de que los electrones por si mismos se mueven muy lentamente, el efecto de estos cambios de posición se transfiere a lo largo del conductor, instantáneamente, al conductor de los

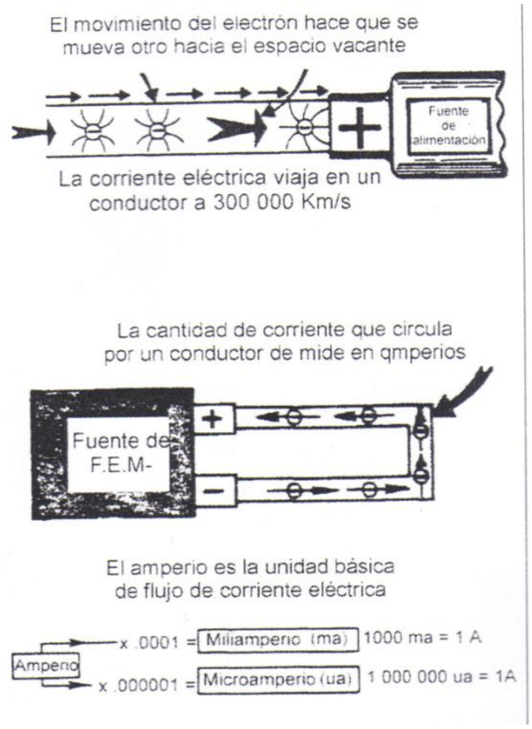



**Figura 1.18.1**

terminales de la fuente. En electrónica, la corriente puede ser de cientos de amperios en los equipos transmisores pero frecuentemente son fracciones de amperio. Se utilizan comúnmente cantidades como el miliamperio (0.001 A) y el microamperio (0.000001 A). Como el amperio es intensidad en corriente, se designa con la letra I.

**Conclusiones:** un amperio de corriente se define como una cantidad de electrones igual a 6, 280, 000, 000, 000, 000,000 (cantidad llamada 1 Coulomb) moviéndose en un segundo.

## 1.19 Ley de ohm

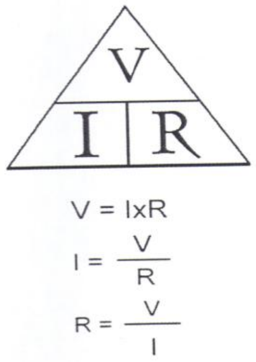
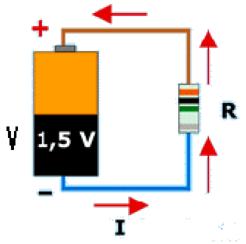



**Figura 1.19.1 "Ley de Ohm"**




La aplicación de una tensión en un circuito produce una circulación de corriente, la presencia de resistencia se opone a dicha circulación. George Simon Ohm, científico alemán, investigó el comportamiento de la corriente eléctrica mas de cien años atrás, y estableció una ley simple llamada ley de Ohm. Esta ley, en sus varias formas, es fundamental para el estudio de la electricidad.
Examinaremos esta fórmula estudiando su aplicación en un circuito simple de CC. La fuente suministra una tensión llamada V a la lámpara cuyo filamento tiene una resistencia R. cuando se cierra el circuito circula corriente. Pero, ¿Cuánta corriente? Para responder a esta pregunta debemos conocer los valores de V y R, o sea que tensión se aplica y que resistencia se opone al paso de la corriente. Supongamos que V = 1.5 volts y R = 3 ohm. Entonces I = 1.5/3, o sea 0.5 amperes, o 500 miliamperios. Probemos ahora otros valores. Supongamos que V = 3 volts (el doble que el anterior), pero R = 3 ohm (el mismo que el anterior). ¿Qué corriente circula en el circuito? Sustituyendo los números en la fórmula, I = 3/3 o sea 1 amperio. Doblando la tensión se duplica la corriente. El hecho significativo que conviene recordar es que la corriente varía directamente con la tensión aplicada, cuando la resistencia permanece constante. Esta es una de las relaciones básicas entre corriente y tensión cuando la resistencia es constante. La misma relación se cumpliría si la tensión se reduce.

En conclusión, si la tensión aumenta, aumenta la corriente, si la resistencia permanece constante. Si la resistencia aumenta, disminuye la corriente si la tensión permanece constante. Esto implica que la corriente es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia.

## 1.20 Circuitos serie

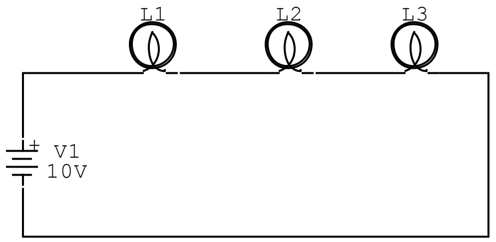



**Figura 1.20.1 "Circuito Serie"**

El término conexión en serie o circuito serie se aplica al caso de un circuito eléctrico en el cual solo hay un camino continuo para la circulación de la corriente. Un circuito serie puede contener muchos aparatos: una batería, numerosas resistencias, interruptores, etc., pero están conectados en forma tal que la corriente debe circular a través de cada uno. Una característica importante del circuito serie es que abriendo cualquier parte del mismo, la corriente deja de circular en todo el circuito, y este no funciona. Entonces,

para conectar un aparato adicional en circuito serie, este debe ser abierto, y el aparato se debe conectar de forma tal que toda la corriente del circuito circule por el.

Un circuito serie se comporta muy similar a un modelo hidráulico, donde la fuente de alimentación es una bomba de agua, el conductor es la tubería y los diferentes diámetros de la misma en su recorrido, representan diferentes resistencias al paso del fluido.
Aunque haya muchas resistencias, se puede demostrar que la cantidad de fluido es la misma en cualquier punto de la tubería.

En conclusión, en un circuito de resistencias conectadas en serie, la cantidad de corriente que fluye, es la misma en todos los puntos.

## 1.21 Caída de tensión en un circuito serie

La caída de tensión, o caída IR como también se le conoce, se interpreta de dos formas. En un sentido, significa la tensión que aparece sobre cualquier resistencia por la cual circula corriente I. lo mismo sucede cuando se refiere a la tensión IR, sin mencionar la palabra caída.
El segundo significado de caída de tensión se refiere expresamente a circuitos serie, significando la tensión que aparece sobre cada resistencia R en una serie, cuando circula una corriente I por el circuito. La suma de las caídas individuales de tensión, es igual a la tensión aplicada. La caída de tensión se puede aplicar para reducir la tensión que se quiere aplicar a un punto determinado. Por esta razón los circuitos serie que realizan este trabajo se llaman divisores de tensión.

La “Ley de Kirchhoff de tensiones” establece: en un circuito de resistencias en serie, la tensión aplicada al circuito, es igual a la suma de las caídas de tensión de cada resistencia individual.

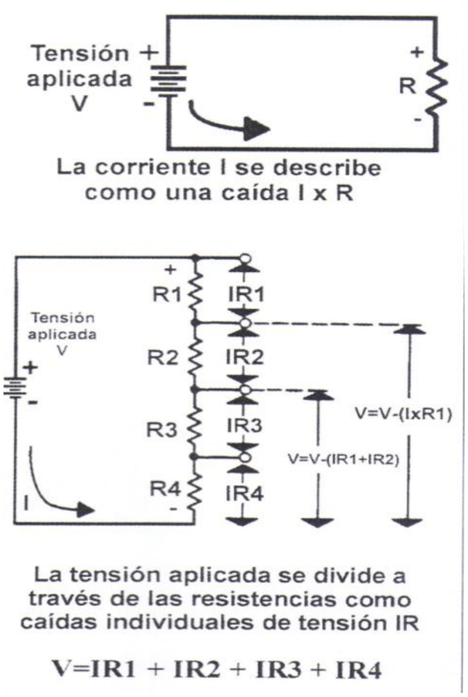



**Figura 1.21.1 “Tensión en circuito serie”**

## 1.22 Circuitos paralelos

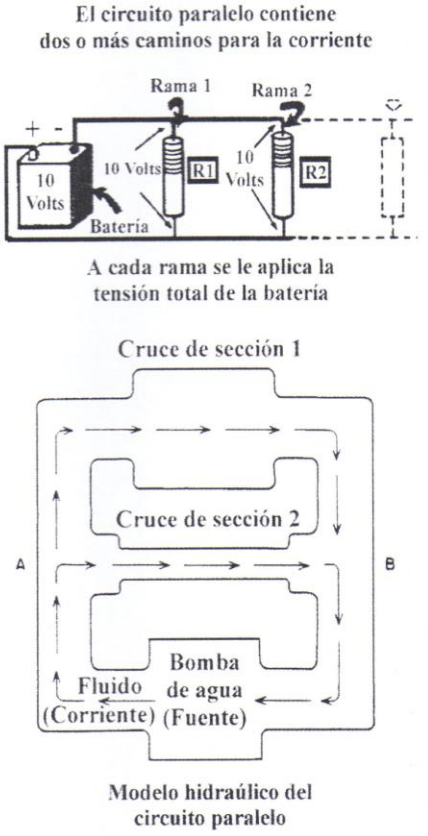



**Figura 1.22.1 "Circuito paralelo"**

La conexión paralelo o circuito paralelo es un segundo tipo de distribución. El término conexión shunt o circuito shunt, también se usa para describir este tipo de circuito. En él, la tensión total de la batería o de la fuente se aplica a cada elemento del circuito. La conexión es tal, que cada aparato conectado a la fuente actúa independientemente de los otros. El circuito al cual se conecta cada elemento se llama rama, y la tensión total de la fuente se aplica a cada una de ellas.

El circuito paralelo se usa en todos los hogares, oficinas e industrias. Cuando se conecta una lámpara o algún artefacto eléctrico en la casa, la tensión total de la línea se aplica a ese aparato. Además, cuando se quema una lámpara, esto no afecta a los otros artefactos. No hay límites a las ramas que puede tener un circuito paralelo. Sin embargo, si hay muchas ramas, o si las corrientes drenadas por algunas de ellas son muy altas, la fuente de tensión puede ser insuficiente para suministrar la potencia necesaria y el resultado puede ser una caída de la tensión de línea. Esquemáticamente mostramos las ramas de un circuito paralelo unidas a un punto común o dos líneas paralelas trazadas desde el terminal negativo y positivo de la fuente.

## 1.23 Corriente en el circuito paralelo

Hemos visto que en un circuito paralelo dos o más elementos eléctricos están conectados a una fuente de tensión y actúan independientemente uno de otro. Dado que se aplica la tensión total a cada rama, la corriente circulante en cada una de ellas esta determinada por su resistencia. Si la fuente de tensión es de 10 volts y la resistencia de una rama es de 10 ohm, la corriente a través de esta será 5 amperios. Si la segunda rama tiene una resistencia de 2 ohm, la corriente será de 5 amperios. Si bien cada rama opera completamente independientemente de la otra, tienen un punto común: sus corrientes individuales se combinan en los terminales de la fuente de tensión para formar la corriente total del circuito. En nuestro ejemplo la corriente total sería 7 amperes, o sea la suma de las corrientes individuales.

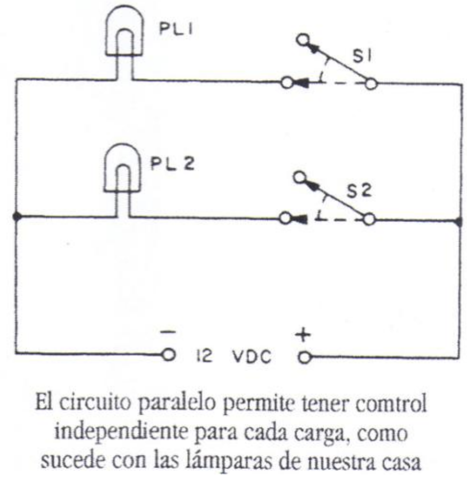



**Figura 1.23.1 "Corriente en circuito paralelo"**

La cantidad de ramas que pueden conectarse en un circuito paralelo depende de la cantidad de corriente absorbida por los elementos y de la capacidad de los alambres para conducir esa corriente sin recalentarse. Los circuitos que contienen aparatos de alta corriente, tales como motores y hornos, tienen muy pocas ramas; aquellos, en cambio, que contiene artefactos de poco consumo, tales como lámparas, radios, etc., pueden tener muchas

derivaciones. Las instalaciones de la mayoría de las casas, permiten una corriente total de 15 a 20 amperes y contienen un fusible que se funde e interrumpe el circuito, cuando la suma de las corrientes de las ramas excede un valor prefijado.

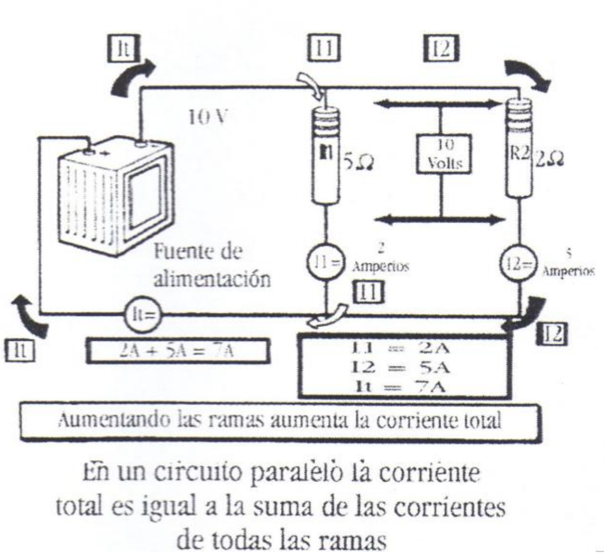



**Figura 1.23.2"Corriente en circuito paralelo"**

La ley de Kirchhoff para corrientes establece: en un circuito de resistencias en paralelo, la corriente total es igual a la suma de las corrientes individuales de cada rama.

## 1.24 El circuito mixto

Como su nombre lo indica, el circuito mixto o compuesto, esta formado por una configuración donde se pueden encontrar cargas en serie y en paralelo entre si y con respecto a la fuente de alimentación.

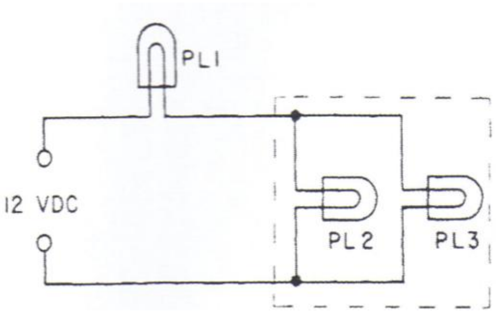



**Figura 1.24.1 "Circuito mixto"**

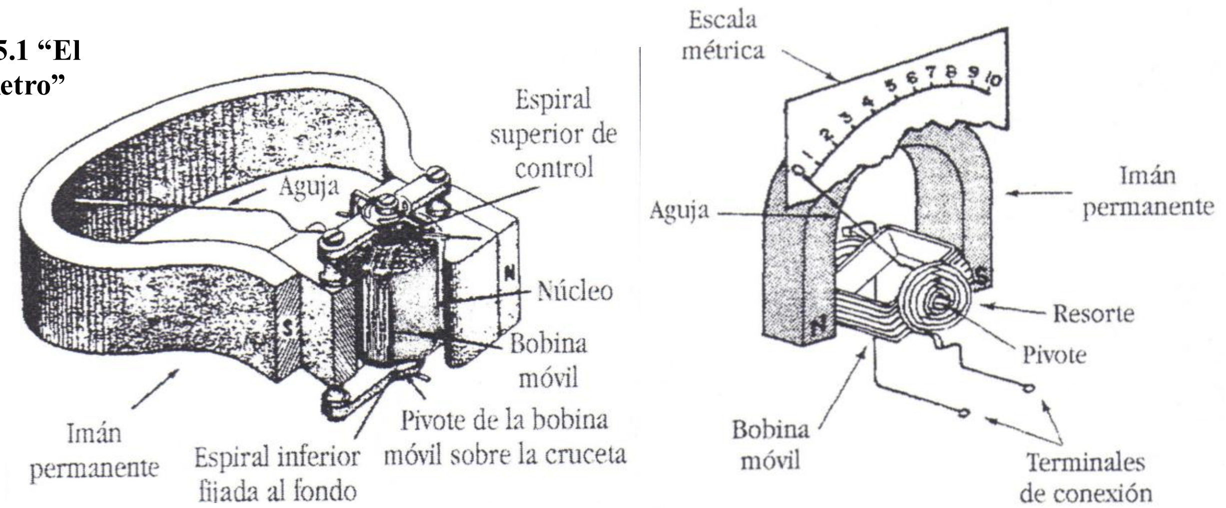
Por ejemplo, en la figura 1.24.1, PL2 y PL3 están en una configuración paralela, y cumple con las leyes de Kirchhoff con respecto a las corrientes, puesto que IPL1 = IPL2 + IPL3.

También es valido decir que estas dos lámparas en conjunto a su vez se encuentran en una configuración serie con PL1, donde podemos comprobar que también se cumple la ley de Kirchhoff, en lo que a tensiones se refiere: 12 VDC = VPL1 + (VPL2VPL3). Como su palabra lo indica un circuito mixto, es una combinación de cargas (resistencias) que contiene ambos métodos de conexión, serie y paralelo. Sin embargo las dos leyes de Kirchhoff, también son validas para este circuito.

### 1.25 El galvanómetro

Los instrumentos de medidas eléctricas se utilizan para probar circuitos y equipos eléctricos y electrónicos. Los más comunes son los que miden corriente, tensión y resistencia. El instrumento básico usado en todos estos aparatos para CC es el galvanómetro de imán permanente y bobina móvil (también conocido como sistema Weastone). Su sistema de operación es semejante al motor CC. Dado que el torque o fuerza de giro desarrollada en la bobina móvil es directamente proporcional a la corriente que circula por ella, la graduación de la escala de los instrumentos de CC es uniforme (lineal).
En lo que se refiere al aspecto físico del instrumento, podemos decir que la bobina móvil por donde circula la corriente esta devanada sobre un marco de aluminio que rodea un núcleo cilíndrico de material magnético. Esta bobina esta colocada entre las piezas polares de un imán permanente. El eje de la bobina esta pivotado en sus extremos con cojinetes de zafiro. Una espiral superior y otra inferior, mecánicamente sujeta a la bobina, conducen la corriente desde el exterior al devanado, y producen una fuerza contraria al movimiento de la bobina, que hace retornar a esta a cero cuando no circula corriente. Una aguja solidaria con la bobina, indica sobre una escala la posición de esta cuando gira entre las piezas polares. La corriente inducida en el marco de aluminio "frena" la bobina y evita que esta oscile libremente alrededor de su punto de equilibrio.

**Figura 1.25.1 "El galvanómetro"**



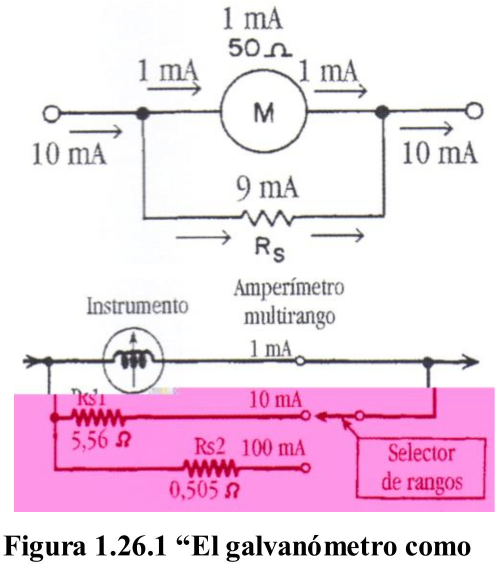




**Figura 1.26.1 "El galvanómetro como amperímetro"**

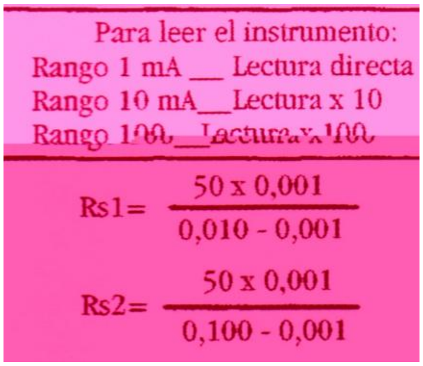
### 1.26 El galvanómetro como amperímetro

Si bien no es una práctica común para los que utilizan los instrumentos eléctricos, construir sus propios shunts, es valioso sin embargo, saber en que forma puede ser calculado. El concepto general en que se basan los shunts para instrumentos es como sigue: si un miliamperímetro esta diseñado para una corriente máxima de 1 mA, y desea medir 10 mA, el valor óhmico del shunt debe ser tal (respecto de la resistencia de la bobina móvil) que 9/10 de la corriente total (9 mA) pasen a través del shunt y 1/10 (1 mA) pasen por el instrumento.
Supongamos que deseamos usar un instrumento de 1 mA con una resistencia interna de 50 ohm, en un circuito por

el cual circularán 10 mA. Para esto tendremos que conectar un shunt directamente sobre los bornes del instrumento. Para calcular dicho shunt utilizamos la siguiente fórmula:

$$Rs = \left( \frac{Rm * \text{Im}}{It - \text{Im}} \right)$$

Rs, es la resistencia del shunt en ohm, Rm, la resistencia de la bobina móvil, Im, la corriente a plena escala que permite el instrumento, e It, corriente total. Sustituyendo los valores en la fórmula, tenemos:


Para leer el instrumento:
Rango 1 mA __ Lectura directa
Rango 10 mA__Lectura x 10
Rango 100__Lectura x 100

$$Rs1 = \frac{50 \times 0{,}001}{0{,}010 - 0{,}001}$$

$$Rs2 = \frac{50 \times 0{,}001}{0{,}100 - 0{,}001}$$

$$Rs = \left( \frac{50 * 0.001}{0.1 - 0.001} \right)$$

$$Rs = \frac{0.05}{0.009}$$

$$Rs = 5.56\Omega$$

La construcción de los shunts puede realizarse con alambres especiales. Para calcular otros shunts, se sustituyen los nuevos valores en la fórmula precedente.

Un galvanómetro puede ser convertido en un amperímetro, conectándole una resistencia en paralelo que drene el exceso de corriente. Esta resistencia suele llamarse "resistencia shunt". Su nombre en castellano es "resistencia de derivación".

### 1.27 El galvanómetro como voltímetro

El galvanómetro es la base para el voltímetro de CC de bobina móvil. El instrumento puede trabajar como voltímetro en la siguiente forma: supongamos un galvanómetro de 100 µA (0.001 A) y una resistencia interna de 100 ohm. Cuando el instrumento deflexione a fondo de escala sobre su bobina móvil habrá una caída de tensión (V = IR) de 0.0001 * 1000 = 0.1 volts. En efecto, en todo galvanómetro hay una caída interna de tensión igual al producto de la corriente por la resistencia de la bobina. Entonces, si bien un galvanómetro puede medir tensión, su utilidad esta limitada porque su rango es muy pequeño.

¿Cómo se puede usar entonces para medir tensiones que exceden la permitida por la bobina móvil? Haciendo al galvanómetro, parte de un circuito en el cual la resistencia multiplicadora se coloca en serie con la bobina móvil. El valor óhmico de la resistencia multiplicadora es tal que cuando se suma al de la bobina, la resistencia total limita la corriente para la tensión dada. En esta forma, la tensión aplicada se divide entre la resistencia multiplicadora y la resistencia del instrumento, en proporción directa a sus respectivas resistencias; la caída de tensión sobre la bobina excede la capacidad interna de

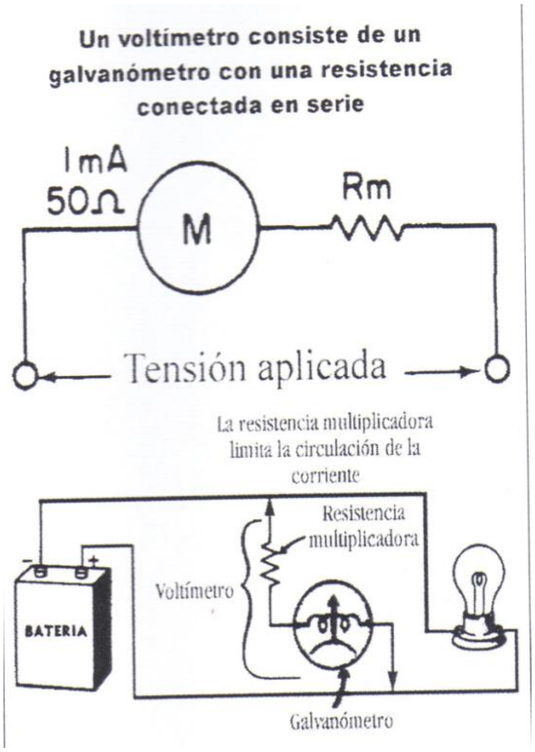



**Figura 1.27.1 "El galvanómetro como voltímetro"**

caída del instrumento, para deflexión a plena escala. La función de la resistencia multiplicadora es producir una caída de tensión igual al exceso entre el potencial aplicado y la caída interna sobre la bobina.

### 1.28 El multímetro digital

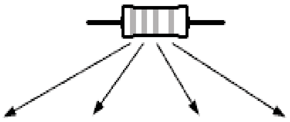
**Figura 1.28.1 "Multímetro Analógico"**

En la actualidad, es común el uso de multímetros digitales de estado sólido. Tienen la ventaja de ser muy cómodos, fuertes y económicos. No requieren de ninguna calibración en cuanto a la posición inicial de la aguja. En la parte izquierda se muestra un multímetro analógico de aguja y en la derecha su homólogo en versión digital. Los multímetros digitales no presentan errores de paralaje y trabajan en cualquier posición. Además poseen una gran impedancia de entrada en voltímetro, lo que los hace muy precisos para medir tensiones débiles. Algunos de ellos tienen funciones importantes como la lectura de diodos, factor beta de transistores, miden la capacidad de condensadores y hasta tienen un "beeper" para mediciones de continuidad. Su rango de medición para resistencias puede llegar al orden de los 20 MΩ. Algunos tienen contador de frecuencia, y con las sondas adecuadas pueden medir temperatura, presiones, revoluciones por minuto etc. También los hay con auto-rango y detectan la escala adecuada de medición. Una de las desventajas, es que al ser su pantalla un mostrador decimal, ha perdido la sensación de movimiento que nos daba la aguja de los multímetros analógicos, donde se podían observar cualitativamente variaciones de tensión de baja frecuencia, u observar como se cargaba un capacitor. Pero el precio de un multímetro analógico, que tuviese las características de uno digital, es muy elevado y solo es aconsejable comprarlos para trabajar en laboratorios.

**Figura 1.28.2 "Multímetro digital"**

### 1.29 Código de colores de las resistencias

Hay tres factores que se toman en cuenta en una resistencia: el valor óhmico, capacidad de disipar calor y tolerancia. La tolerancia de un resistor es la variación permitida en porcentaje de su valor óhmico. Como el valor óhmico no puede ser conocido con solo mirar la resistencia, entonces es necesario que este indique de alguna forma. Las resistencias fijas ajustables o variables, frecuentemente llevan su valor estampado. En el caso de las resistencias de carbón y en las metalizadas, se usa un código de colores consistente en tres o cuatro bandas de color. El código de color indica la resistencia óhmica y la tolerancia. Para leer correctamente este código es necesario que se



Código de colores

| Colores | 1ª Cifra | 2ª Cifra | Multiplicador | Tolerancia |
|---|---|---|---|---|
| Negro | | 0 | 0 | |
| Marrón | 1 | 1 | x 10 | ± 1% |
| Rojo | 2 | 2 | x $10^2$ | ± 2% |
| Naranja | 3 | 3 | x $10^3$ | |
| Amarillo | 4 | 4 | x $10^4$ | |
| Verde | 5 | 5 | x $10^5$ | ± 0.5% |
| Azul | 6 | 6 | x $10^6$ | |
| Violeta | 7 | 7 | x $10^7$ | |
| Gris | 8 | 8 | x $10^8$ | |
| Blanco | 9 | 9 | x $10^9$ | |
| Oro | | | x $10^{-1}$ | ± 5% |
| Plata | | | x $10^{-2}$ | ± 10% |
| Sin color | | | | ± 20% |

**Figura 1.29.1**

coloque la resistencia de manera que las bandas comiencen en el extremo izquierdo, leyéndose entonces de izquierda a derecha. La longitud y grosor de la resistencia es una indicación de su potencia. Si no se da indicación de tolerancia, se supone que esta es del 20%.

- **Ejemplo:**

  Si los colores son: ( **Marrón** - **Negro** - **Rojo** - **Oro** ) su valor en ohmios es:
  **1** **0** **x 100** **5 %** **= 1000Ω = 1KΩ**
  Tolerancia de ± **5%**

**5 bandas de colores**

- También hay resistencias con 5 bandas de colores, la única diferencia respecto a la tabla anterior, es qué la tercera banda es la 3ª Cifra, el resto sigue igual.

Supongamos una resistencia fija de carbón cuyos colores son amarillo, violeta, anaranjado y plata. Debemos leer cuatro, siete, tres ceros y 10%, lo que significa que se trata de una resistencia de 47,000 ohm con una tolerancia de ±10%.

En el código de colores en su tercera banda, desde el color negro hasta el blanco se puede aplicar el mismo valor numérico, pero definiéndolo como el número de ceros que se deben agregar al valor numérico de las dos primeras bandas.

## 1.30 Reóstatos

Un reóstato consiste en una bobina de alambre con una resistencia conocida, arrollada en un núcleo aislante circular. Un contacto móvil hace contacto con la bobina y puede moverse a cualquier posición en toda la longitud de la misma.
La resistencia entre el contacto móvil y el terminal final de la bobina depende de la posición donde se encuentra el contacto móvil.

En la figura superior, se representa el diagrama esquemático de un reóstato en un circuito. Normalmente los reóstatos solo tienen dos terminales para conexión. Se dice que el reóstato en este caso controla la corriente de la resistencia.

**Figura 1.30.1**
**"Reóstatos"**

## 1.31 Potenciómetros

El potenciómetro es otro tipo de resistencia variable, se muestra en un circuito en la parte inferior de la figura. Se utiliza básicamente como un divisor de tensión. Tienen tres terminales de conexión, dos terminales son conectados a la fuente y el terminal móvil para suministrar la tensión requerida por una carga.
Normalmente la resistencia de un potenciómetro consiste en una película de carbón circular, sobre la que se desliza el contacto móvil.
Se dice que el potenciómetro en este caso controla la tensión de la resistencia.

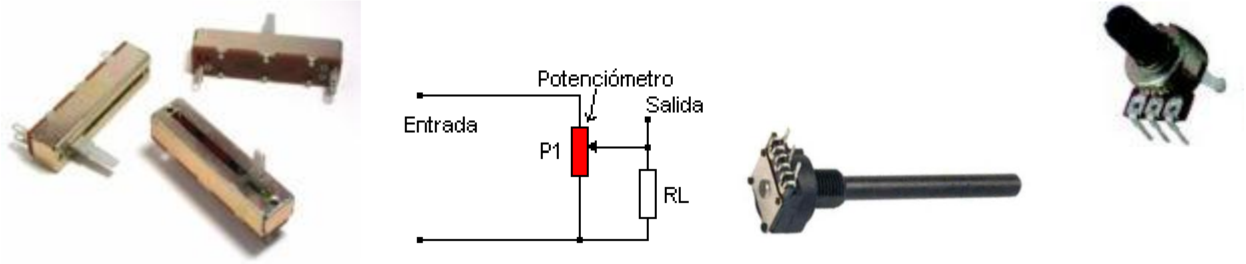



**Figura 1.31.1**
**“Potenciómetros”**

En conclusión, Los reóstatos se utilizan para controlar la corriente de una carga. Los potenciómetros se usan para controlar la tensión de una carga.

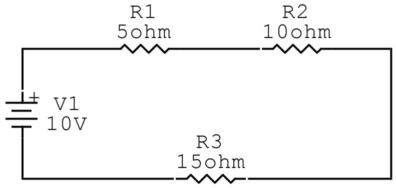
## 1.32 Resistencia equivalente serie

No es suficiente decir que la resistencia ejerce control sobre la cantidad de corriente circulante. Hay muchas formas como se puede hacer el control por resistencias.
Consideremos un circuito consistente en una batería (fuente de tensión), un interruptor y una lámpara. El circuito es serie porque hay un solo camino para la corriente. Por el momento todo lo que nosotros conocemos acerca de este circuito, es que la resistencia de trabajo (resistencia caliente) del filamento es de 3 ohm. Juzgando por el brillo normal del filamento, todo en el circuito parece correcto. Ahora abramos el interruptor para abrir el circuito y abrimos también el conexionado en uno de los terminales del portalámpara y conectamos una resistencia de 3 ohm en serie. Cerramos el interruptor e inmediatamente notamos que el filamento brilla menos. La razón es que circula menos corriente por el circuito. En otras palabras, las resistencias en serie son aditivas en sus efectos. Cada resistencia contribuye a oponerse a la corriente. Esta regla se puede establecer de la siguiente manera:

$$Rtotal = Rt = R1 + R2 + R3$$

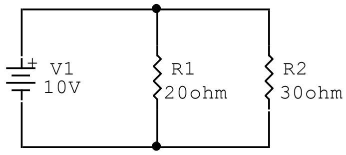
Donde R1, R2 y R3 son las resistencias en serie aplicando esta fórmula al caso anterior Rt = 3 + 3 = 6 ohm, resistencia total. Ejemplo de circuito serie con resistencias de diferentes valores y cálculo de la resistencia total:

En un circuito de resistencias en serie la resistencia equivalente es igual a la suma de las resistencias individuales.




$$Rt = R1 + R2 + R3$$
$$Rt = 5 + 10 + 15$$
$$Rt = 30\Omega$$

## 1.33 Cálculo de resistencias en paralelo

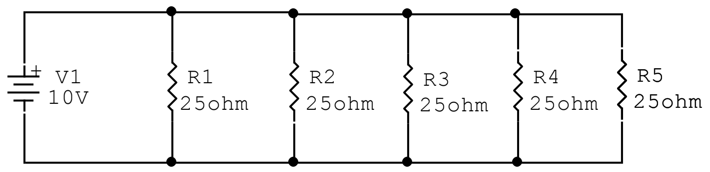



1. Cuando se conectan dos resistencias iguales en paralelo el valor de la resistencia equivalente es igual a la mitad de una de ellas.

2. Otra de las reglas comprende el uso de la multiplicación, suma y división y se aplica a dos resistencias de distinto valor. Esta establece que la resistencia equivalente de dos resistencias desiguales en paralelo es igual al producto de sus valores óhmicos dividido por la suma de ellos.

$$Rt = \frac{R1 * R2}{R1 + R2}$$
$$Rt = \frac{20 * 30}{20 + 30} = \frac{600}{50}$$
$$Rt = 12\Omega$$

3. La regla general para el cálculo de la resistencia equivalente de cualquier circuito paralelo establece que:
   El inverso de la resistencia equivalente, es igual al inverso de la suma de los inversos de las resistencias individuales.




$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}+\frac{1}{R3}+\frac{1}{R4}+\frac{1}{R5}}$$

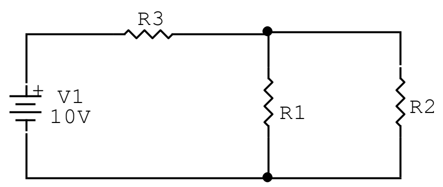
$$Rt = \frac{1}{\frac{1}{25}+\frac{1}{25}+\frac{1}{25}+\frac{1}{25}+\frac{1}{25}}$$

$$Rt = \frac{1}{0.04+0.04+0.04+0.04+0.04}$$

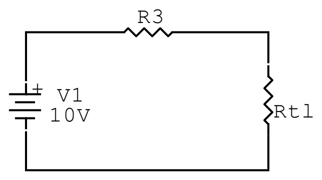
$$Rt = \frac{1}{0.2} ==> Rt = 5\Omega$$

### 1.34 Resistencia equivalente en circuito mixto

Como su nombre lo indica, un circuito mixto de resistencias, esta compuesto por una configuración, donde podemos hallar resistencias conectadas entre si, tanto en paralelo como en serie.
Básicamente para poder calcular la resistencia equivalente en este tipo de circuitos, todo lo que se debe hacer es, identificar los nodos (puntos de conexión). De esta forma podemos establecer cuales resistencias se encuentran en paralelo y cuales en serie.
Una vez resuelto esto, se procede a hacer los cálculos correspondientes para cada uno de las diferentes configuraciones. En el caso del ejemplo podemos observar que R1 y R2 se encuentran en paralelo, por lo que podemos calcular su resistencia equivalente Rt1. luego podemos comprobar que realmente lo que nos queda es un circuito serie, formado por R3 y Rt1, como lo muestra la figura inferior. Así, ya podemos calcular la nueva resistencia equivalente serie, sumando R3 y Rt1 como un circuito serie normal.




$$Rtl = \frac{R1 * R2}{R1 + R2}$$




$$Rt = Rt1 + R3$$

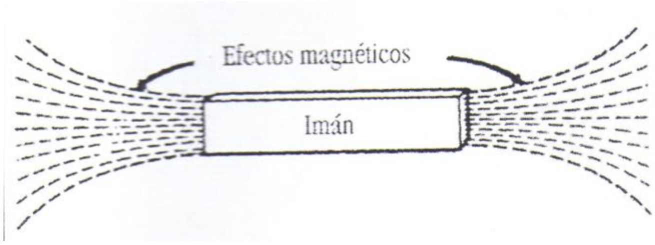
$$Rt = \frac{R1 * R2}{R1 + R2} + R3$$

**Conclusiones:** Para calcular la resistencia equivalente en circuitos de resistencias en configuración mixta, se deben de identificar los nodos y analizar el sistema como una combinación de circuitos básicos paralelos y series.

### 1.35 El magnetismo

Si dejamos caer partículas de hierro sobre una hoja de papel y colocamos un imán debajo de este, las partículas se "paran" en dirección al imán. Las partículas de hierro son livianas, pero por más que lo sean, cada una de ellas es una entidad física y tiene peso. Este fenómeno asociado con el imán, nos permite realizar la observación de dos condiciones: Primero, existe el magnetismo fuera del cuerpo físico del imán; segundo, el magnetismo es una forma de energía, como lo demuestra el trabajo realizado por las partículas de hierro que se levantan venciendo la fuerza de gravedad.

La energía magnética no produce normalmente efectos en los sentidos humanos. El área de los más potentes imanes esta rodeada de energía magnética, pero esta no se puede ver, oler, gustar, oír, o palpar. Reconocemos su presencia por sus efectos (efectos magnéticos). La energía magnética puede realizar gran cantidad de trabajos. Puede convertir en imán cualquier material magnetizable. Puede levantar objetos muy pesados de material magnetizable; puede ejercer fuerzas mecánicas sobre otros imanes; contribuye a la generación de Fem. Por medios mecánicos; y tiene además muchas otras aplicaciones.



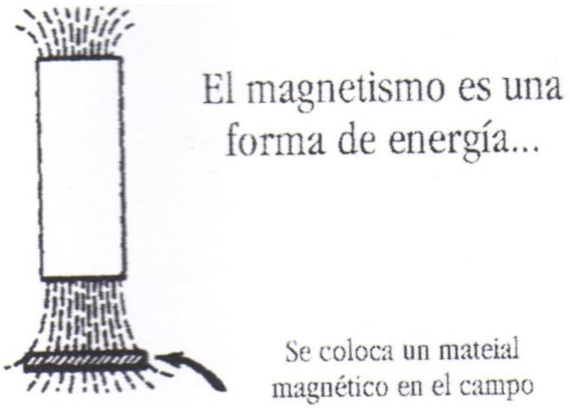




**Figura 1.35.1**

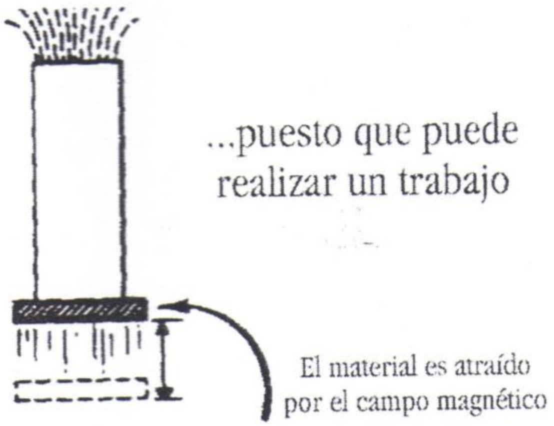
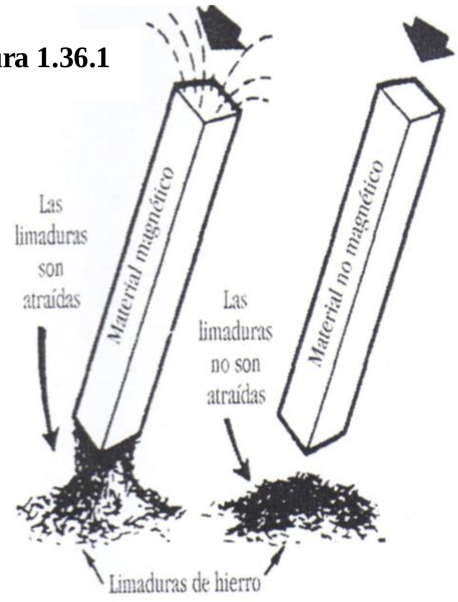



**Figura 1.35.2**
**"El Magnetismo"**

## 1.36 Materiales magnéticos y no magnéticos

**Figura 1.36.1**




Los materiales magnéticos se pueden magnetizar y a su vez atraen hierro y algunos otros metales. La mayoría de los materiales magnéticos están formados por hierro o aleaciones especiales tales como el alnico, que contiene aluminio, níquel y cobalto. Algunas "cerámicas", permiten realizar imanes excelentes. Los imanes temporales se hacen de hierro. Se comportan como imanes solamente cuando se hallan bajo de la influencia de una fuerza magnética. El hierro pierde sus propiedades inmediatamente después que se elimina la fuerza magnetizadora. El acero y sus aleaciones, por otro lado, se convierten fácilmente en imanes permanentes.

Hay poca cantidad de materiales magnéticos, la mayoría son no-magnéticos; estos materiales no pueden ser magnetizados. Como ejemplo tenemos al: vidrio, papel, goma, plásticos, algodón, estaño y cobre. Si bien los materiales no pueden ser magnetizados, la energía magnética puede pasar a través de ellos, es decir, son completamente "transparentes" a esta forma de energía. Los materiales magnéticos pueden ser penetrados por la energía del imán, pero una vez dentro de la sustancia, la energía usa al material como un camino preferido, por largo que este sea, en vez de salir y atravesar el aire u otros materiales no magnéticos. Es esta propiedad que hace al hierro dulce un "blindaje" excelente para aislar cualquier objeto de un campo magnético.

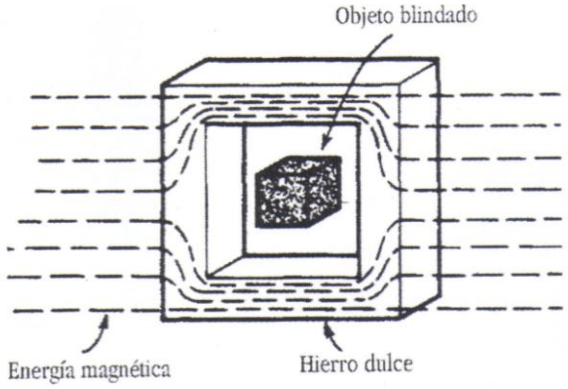



**Figura 1.36.2 "Un material blindado aísla el campo magnético"**

## 1.37 Los polos de un imán

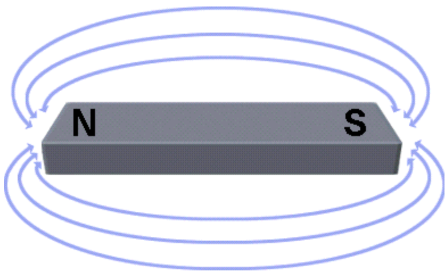



**Figura 1.37.1 "Polos de un imán" "**

Si una barra imantada permanente se suspende en forma horizontal, de modo que pueda girar libremente, un extremo señalara el polo norte de la tierra y el opuesto apuntara hacia el sur. Es ya convencional referirse a los extremos de un imán como los "polos" del mismo, siendo llamado el que apunta al norte, "polo norte", y el que señala al sur, "polo sur".

Generalizando, todo imán tiene dos polos, uno norte (o polo N) y otro sur (o polo S). Hay excepciones a esta regla, dado que un imán puede tener varios polos N y S. estos no son muy comunes. No pueden existir imanes de un solo polo. Siempre que hay un polo N, hay un correspondiente polo S

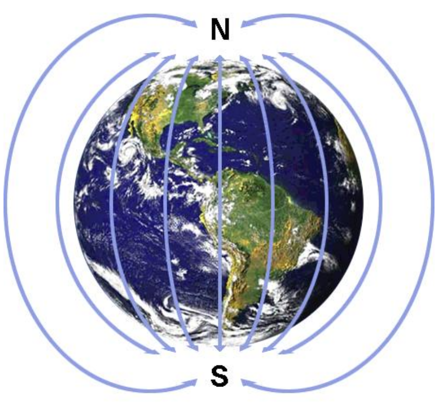



**Figura 1.37.2**

y viceversa. A veces se simboliza al polo norte con el signo (+), y al sur con el signo (-). La tierra se comporta como un imán natural gigante, teniendo también sus polos N y S magnéticos en la vecindad (pero no en el mismo lugar) de los respectivos polos geográficos. Basado en el comportamiento de un imán y en las leyes del magnetismo, el polo magnético de la tierra tiene en la actualidad polaridad magnética sur, mientras que el polo sur magnético tiene polaridad magnética norte.

En conclusión, la tierra es un enorme imán natural, donde sus polos geográficos y magnéticos no coinciden en nombre. El polo geográfico que se encuentra muy por encima de Canadá, realmente es un sur magnético.

### 1.38 Dipolos magnéticos

**Figura 1.38.1 "Dipolo magnético"**

¿Cómo se explica el magnetismo? Se supone que estos átomos se comportan como pequeños imanes o "dipolos magnéticos", teniendo cada uno de ellos un polo norte y uno sur. Se presume que cada átomo contribuye con una cierta cantidad de magnetismo. Cuando un material magnetizable esta en estado de no magnetizado, los imanes atómicos están orientados en forma desordenada, es decir que sus polos apuntan en todas direcciones. Cuando una sustancia contiene imanes atómicos desorientados, se supone que los efectos de un átomo anulan los de otro. Así el material no presenta ningún efecto magnético.
El proceso de "inducir" el magnetismo, es el de reorientar los imanes atómicos desordenados, de forma tal que se agrupen en líneas horizontales respecto de sus polos, el polo norte de un imán junto al sur del siguiente. Cada línea de imanes atómicos forma un imán extremadamente delgado, y el conjunto de todas las láminas imantadas superpuestas, forma el imán con un polo norte común y sur en el otro extremo. Esta teoría permite explicar porque es posible cortar un imán permanente en cualquier número de partes, y cada una de ellas sigue siendo un imán con un polo N y otro S. cuando un material "pierde" su magnetismo, los imanes atómicos destruyen su ordenación y se reordenan en todos los sentidos. En el imán permanente la ordenación de los imanes atómicos puede perderse por choques o por temperaturas elevadas.

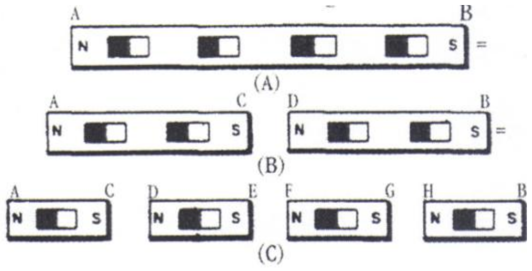



**Figura 1.38.2 "Dipolo magnético"**

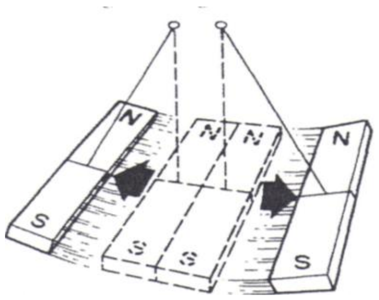



**Figura 1.39.1 "Polos magnéticos iguales se rechazan"**

### 1.39 Atracción y repulsión magnética

Mucho de lo que se conoce de magnetismo ha sido aprendido por experimentación y observación de sus efectos. Si suspendemos dos imanes con sus polos norte (o sur) enfrentados, aparece una fuerza mutua de repulsión entre los polos semejantes. Los imanes tratan de alejarse uno del otro,

indicando que la presencia de energía puede ejercer una fuerza mecánica. Esta acción se sintetiza en una de las leyes básicas del magnetismo, que dice que polos magnéticos semejantes se repelen. Si los imanes se disponen de forma tal que el polo N enfrente al S del otro, los imanes se mueven uno hacia el otro. Si los imanes no se hallan perfectamente alineados, giran en su eje hasta que los polos desiguales se encuentren lo mas cerca posible uno del otro. Este comportamiento demuestra otra regla básica del magnetismo, que dice que los polos distintos se atraen.

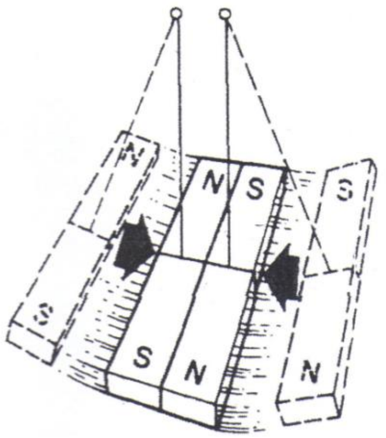



**Figura 1.39.2 "Polos magnéticos distintos se atraen"**

La fuerza de repulsión, entre polos semejantes o de atracción entre los polos distintos, varía inversamente con el cuadrado de la separación entre los polos. Si la separación se hace el doble, la fuerza disminuye en un factor 4 o ¼; si se triplica, la fuerza disminuye en un factor 9 o sea 1/9. Si la distancia se disminuye por un factor 2, la fuerza aumenta el cuadrado de 2 o sea 4 veces; si la distancia disminuye en un factor 3, la fuerza aumenta el cuadrado de 3, o sea 9, y así sucesivamente.

## 1.40 Líneas de fuerza magnética

Michael Faraday introdujo el concepto de que la región en todas las direcciones alrededor de un imán es una "zona de influencia magnética, invisible", o simplemente, "campo magnético". Cualquier objeto magnetizable colocado dentro del campo magnético, se convierte en un imán temporal o permanente, (dependiendo del material) por la energía contenida en el campo.

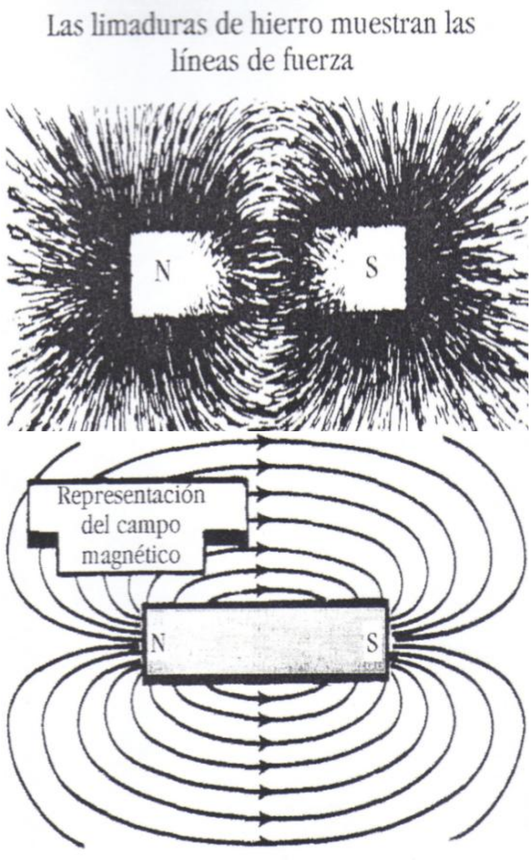



**Figura 1.40.1 "Líneas de fuerza magnética"**

Faraday visualizo el campo magnético como formado por "líneas imaginarias de fuerza magnética". Para explicar el comportamiento magnético, suponemos que la línea de fuerza es real. Decimos que cada línea "deja" el polo N, completa un camino elíptico fuera del imán y penetra en el polo S, volviendo a ir al polo N dentro del imán. Así cada línea de fuerza es un lazo de energía magnética, parte del cual esta fuera del imán. Además decimos que el campo tiene una "cualidad direccional". Específicamente, la dirección del campo magnético es, externamente, de norte a sur.

Podemos colocar una tarjeta sobre un imán y espolvorear sobre está limaduras de hierro. Si golpeamos suavemente la tarjeta, las partículas de hierro se distribuyen por sus propios medios siguiendo las líneas del campo, como puede verse en la figura. Este "espectro" indica la distribución de las líneas de fuerza. Las líneas de fuerza magnética siguen una dirección externa del imán, con dirección norte a sur.

En los polos es donde se concentra la mayor cantidad de fuerza magnética.

## 1.41 Electromagnetismo

En 1819 Hans Christian Oersted, físico danés, observó que las indicaciones direccionales de una brújula colocado cerca de un alambre atravesado por una corriente eléctrica C.C. eran perturbadas. La presencia o ausencia de la corriente, así como la dirección del flujo en el alambre, sumaban un efecto mayor sobre la desviación de la brújula. Experimentos de otros científicos hicieron llegar a la conclusión de que la corriente eléctrica produce un campo magnético, o una zona de energía magnética. Estos fueron los comienzos del electromagnetismo término usado para denominar los efectos magnéticos producidos por la corriente eléctrica.
Si se repite el experimento anterior, con un cartón con limaduras que se mueva hacia arriba y hacia abajo a lo largo del conductor, aparece el mimo campo en cualquier punto, indicando que los lazos de fuerza (círculos concéntricos) rodean el camino seguido por la corriente. Si se mueve una pequeña brújula alrededor de un conductor que transporta corriente, los polos de la aguja se alinean según las líneas de fuerza magnética y cambian su dirección cuando la brújula se mueve alrededor del alambre. Así, las líneas de fuerza creadas por la corriente tienen dirección, tal como las líneas de flujo asociadas con un imán, excepto que la dirección es siempre en ángulo recto (perpendicular) al eje del conductor.

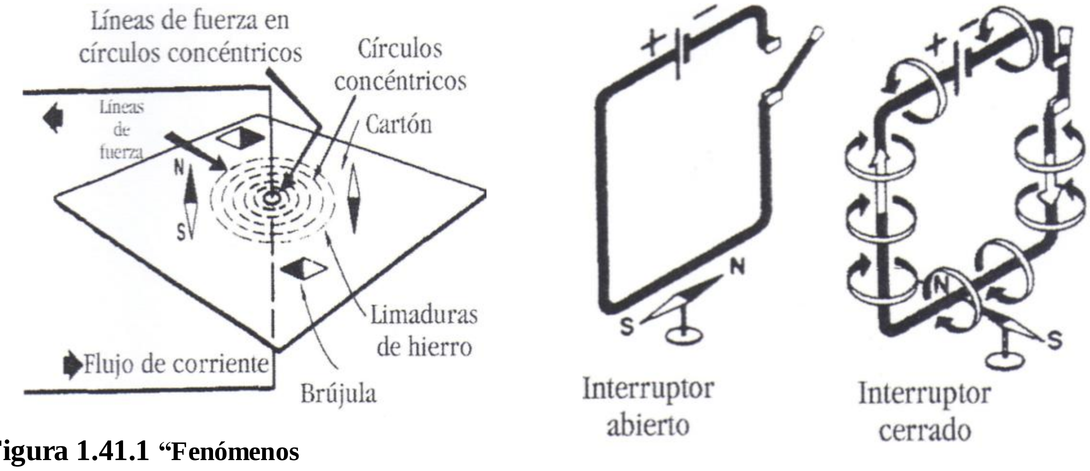



**Figura 1.41.1 "Fenómenos Electromagnéticos"**

## 1.42 El solenoide

Cuando un conductor se arrolla en una serie de espiras, formando una bobina (conocida también como solenoide), se crea un campo magnético mucho mas fuerte dentro del espacio del bobinado y fuera de él, pero especialmente dentro. La explicación es que cada lazo de fuerza magnética que rodea cada espira pasa por el interior de cada una de ellas y todas tienen la misma dirección. Debido a esto el número de líneas de fuerza (densidad de flujo) por unidad de área dentro de la bobina es más

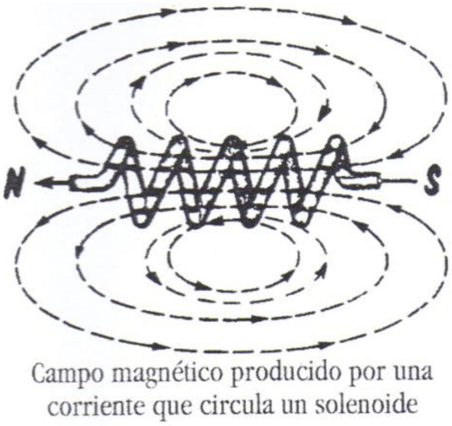



**Figura 1.42.1**

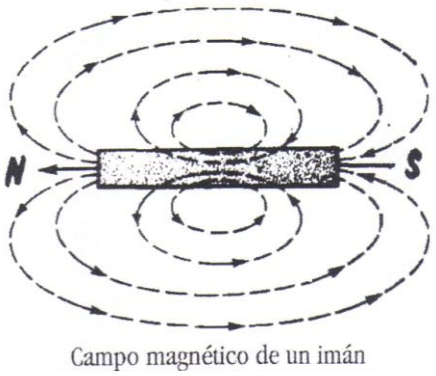



**Figura 1.42.2**

grande que cualquier otro para la misma área, fuera de la bobina. El campo magnético de un alambre arrollado es por eso mucho más fuerte que si el alambre no estuviera bobinado. Donde penetran las líneas de fuerza se llama extremo o polo sur, y donde salen se llaman polo norte. Esta organización del campo magnético es similar a la del imán permanente; por eso, un solenoide por el cual circula corriente es un electroimán.
El término electroimán denota un imán creado por virtud de las líneas de fuerza magnética formadas por la corriente eléctrica. Es un imán temporal porque solamente se comporta como tal cuando circula una corriente eléctrica por el alambre. Cuando cesa la corriente, se anula el efecto magnético. Las bobinas de pocas vueltas crean electroimanes débiles; para hacer electroimanes potentes se necesitan muchas espiras.

## 1.43 Inducción electromagnética

La energía mecánica se puede transformar en energía eléctrica utilizando efectos magnéticos.
Si un trozo de alambre de cobre rígido se conecta a un galvanómetro sensible, con cero en el centro, por medio de dos conductores flexibles. Además se requiere un imán potente en forma de U (imán herradura) con las piezas polares cerca una de otra para tener un campo entre ellas muy potente.
Cuando el conductor se mueve “hacia abajo” entre las piezas polares del imán, con movimiento rápido, corta las líneas de fuerza estacionarias y el galvanómetro se desvía de su posición central en una dirección, retornando a cero cuando cesa el movimiento del conductor, luego si el trozo de cobre se mueve “hacia arriba” entre las piezas polares, con movimiento rápido, el galvanómetro se desvía nuevamente pero en dirección opuesta. Los dos sentidos de deflexión de la aguja, indican que las corrientes circulan en direcciones opuestas. Ambas son el resultado de una fuerza electromotriz (tensión que es inducida en el alambre de cobre al cortar las líneas de fuerza magnéticas entre los polos del imán. Si el alambre se mueve horizontalmente (paralelamente a las líneas de fuerza entre las piezas polares) no se evidencia corriente en el galvanómetro. El afecto anterior se sintetiza diciendo que “cuando un conductor corta las líneas de fuerza magnéticas, se induce en este una fuerza electromotriz”.

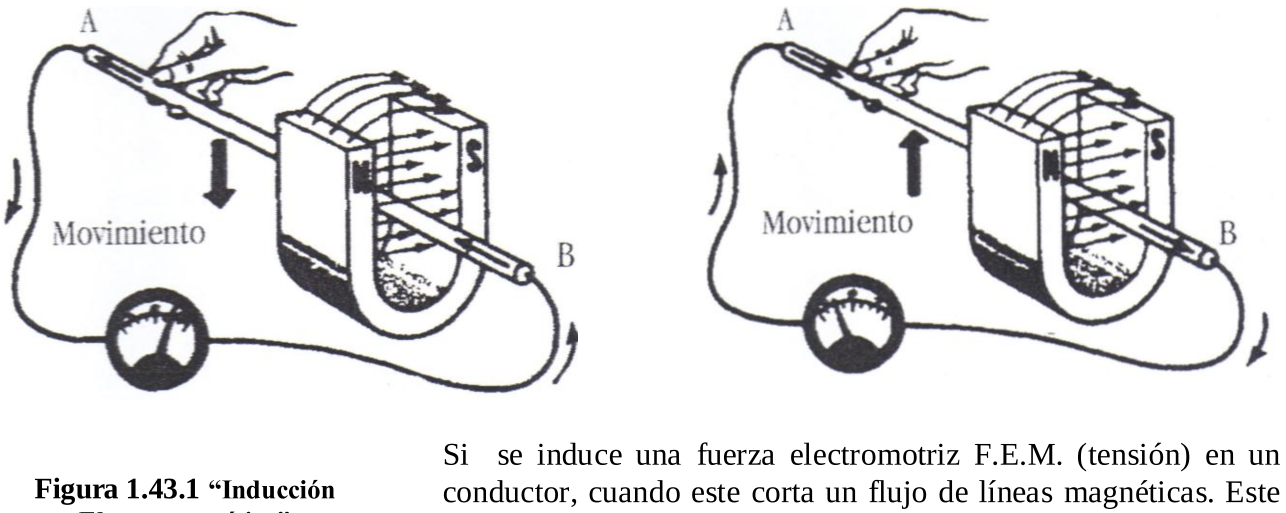



**Figura 1.43.1 “Inducción Electromagnética”**

Si se induce una fuerza electromotriz F.E.M. (tensión) en un conductor, cuando este corta un flujo de líneas magnéticas. Este fenómeno recibe el nombre de “Inducción electromagnética”.

## 1.44 El electroimán

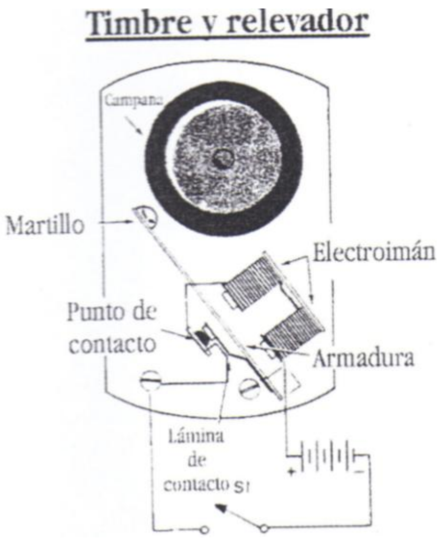



Figura 1.44.1 **"El electroimán"**

No existe otro aparato electromecánico representativo del magnetismo y la electricidad, tan ampliamente usado como el electroimán. Este dispositivo consiste en un alambre bobinado alrededor de un núcleo de hierro dulce. Cuando circula corriente por la bobina, el núcleo se magnetiza con la misma polaridad que el solenoide hubiera tenido si no existiera el núcleo. Cuando la corriente que atraviesa la bobina se invierte, también lo hace la polaridad del núcleo. La inclusión de los núcleos de hierro sirve para dos fines: primero, se aumente el flujo magnético dado que el hierro es más permeable que el aire; segundo, se concentra el flujo en una zona más reducida. La permeabilidad del hierro dulce es muchas mas veces mayor que el aire; por eso, se aumenta la, densidad de flujo considerablemente cuando se coloca un núcleo magnético en la bobina.

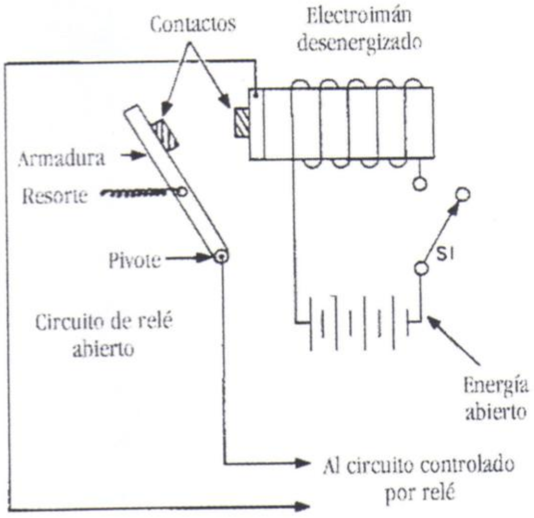
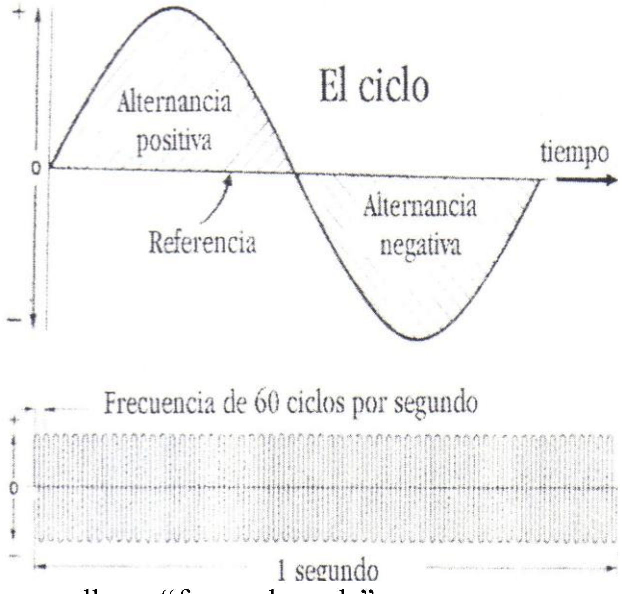



**Figura 1.44.2 "El electroimán"**

Las aplicaciones mas populares del electroimán son los zumbadores y las campanillas y los relevadores (relés) usados para abrir y cerrar circuitos. Note que los aparatos mostrados, el trabajo fundamental depende de que cuando se energiza el electroimán, atrae una pieza móvil de metal llamada armadura.

## 1.45 La onda senoidal




Cuando la armadura en un generador básico de CA completa un giro (360°) ha generado un ciclo completo de tensión. Este ha comenzado en cero, alcanzando un valor máximo positivo, bajando a cero, pasando luego por un valor máximo negativo y retornando nuevamente a cero. Un ciclo se refiere a una secuencia completa de valores. Un ciclo de tensión aplicado a una resistencia de carga producirá un ciclo similar de circulación de corriente en el circuito. Esta corriente sufrirá las mismas fluctuaciones que la tensión. Cuando se representan gráficamente todos los valores que toman la corriente o la tensión, dan una imagen que se llama "forma de onda".

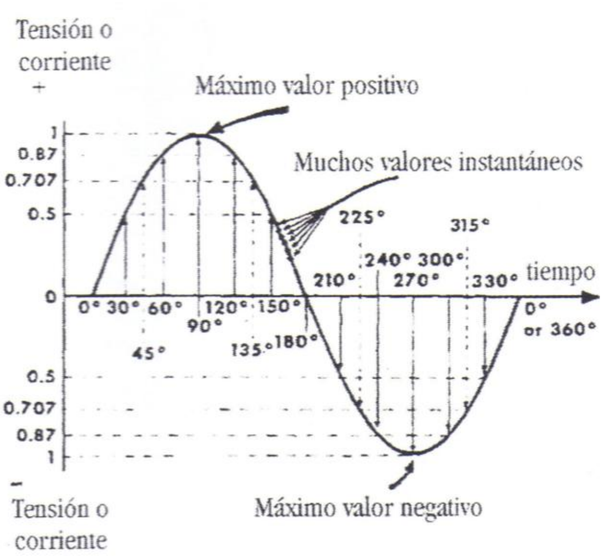
**Figura 1.45.1 "Formas de onda de la tensión o corriente"**

El número de ciclos completos que hay en un segundo se llama frecuencia de la onda.

Cuando esta onda se forma sesenta veces por segundo, se dice que tiene una frecuencia de 60 c/s. cada medio ciclo se denomina alternancia; por lo tanto, cada ciclo completo tiene dos alternancias, una positiva y otra negativa. Dado que una frecuencia de 60 ciclos representa 60 ciclos completos en un segundo, la duración de cada uno de ellos será 1/60 de segundo. En altas frecuencias tales como 1 megaciclo (1, 000,000 c/s), la duración de cada ciclo es 1/1, 000,000 de segundo. Cuanto más rápido gira nuestro generador básico, mayor cantidad de ciclos por segundo genera, y más alta es la frecuencia.

**Conclusiones:** la frecuencia de una onda senoidal es igual al inverso del periodo F = 1/T.

### 1.46 Forma de la onda senoidal




La sinusoide o forma de onda senoidal es una imagen de los cambios instantáneos en el valor de la corriente o tensión alternado. La palabra “seno”, se toma de la relación geométrica “seno” utilizada en matemáticas, porque la amplitud de la onda senoidal varia en la misma forma que el seno, de 0 a máximo. Cuando nos referimos a la forma de onda, como senoidal indica que debemos considerar una sola frecuencia. Cuando se combinan varias ondas senoidales de distinta frecuencia, forman una onda compleja que no es senoidal.
Una característica importante de la forma de onda senoidal, es que el medio ciclo positivo y el negativo, son imágenes de espejo, una de otra. La relación de aumento y disminución en ambas, es idéntica. A 0° vemos que el valor de la onda (tensión o corriente) es 0 a 300, la senoidal vale 0.5, o sea la mitad de su valor máximo. A 45°, la onda vale 0.707 de su valor máximo, y a 60°, se alcanza a 0.87. Finalmente a 90°, o sea a un cuarto del ciclo completo, se llega al valor máximo. Pasando de 90° a 180°, la onda senoidal disminuye de valor en forma opuesta a como aumento de 0 a 90°. El segundo medio ciclo, de 180° a 360° es idéntico al primero, con la diferencia de hallarse en direcciones opuestas. En realidad, una onda senoidal consiste en muchos más valores que los representados. Hay infinito número de valores, y la senoidal es una imagen de todos sus valores instantáneos en el tiempo.

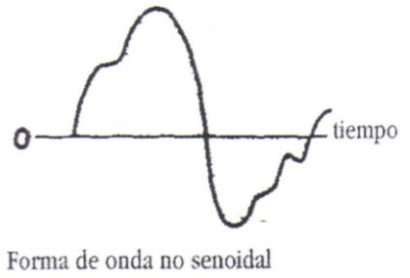



**Figura 1.46.1 “Formas de onda”**

**Conclusiones:** debido a que la onda senoidal varía en función del seno de un ángulo, podemos decir que la medida de su recorrido se mide en cantidad de grados de 0 a 360°.

## Tabla de funciones trigonométricas

| Ángulo | seno | coseno | tangente | Ángulo | seno | coseno | tangente |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **0º** | 0,000 | 1,000 | 0,000 | **46º** | 0,719 | 0,695 | 1,036 |
| **1º** | 0,018 | 1,000 | 0,018 | **47º** | 0,731 | 0,682 | 1,072 |
| **2º** | 0,035 | 0,999 | 0,035 | **48º** | 0,743 | 0,669 | 1,111 |
| **3º** | 0,052 | 0,999 | 0,052 | **49º** | 0,755 | 0,656 | 1,150 |
| **4º** | 0,070 | 0,998 | 0,070 | **50º** | 0,766 | 0,643 | 1,192 |
| **5º** | 0,087 | 0,996 | 0,088 | **51º** | 0,777 | 0,629 | 1,235 |
| **6º** | 0,105 | 0,995 | 0,105 | **52º** | 0,788 | 0,616 | 1,280 |
| **7º** | 0,122 | 0,993 | 0,123 | **53º** | 0,799 | 0,602 | 1,327 |
| **8º** | 0,139 | 0,990 | 0,141 | **54º** | 0,809 | 0,588 | 1,376 |
| **9º** | 0,156 | 0,988 | 0,158 | **55º** | 0,819 | 0,574 | 1,428 |
| **10º** | 0,174 | 0,985 | 0,176 | **56º** | 0,829 | 0,559 | 1,483 |
| **11º** | 0,191 | 0,982 | 0,194 | **57º** | 0,839 | 0,545 | 1,540 |
| **12º** | 0,208 | 0,978 | 0,213 | **58º** | 0,848 | 0,530 | 1,600 |
| **13º** | 0,225 | 0,974 | 0,231 | **59º** | 0,857 | 0,515 | 1,664 |
| **14º** | 0,242 | 0,970 | 0,249 | **60º** | 0,866 | 0,500 | 1,732 |
| **15º** | 0,259 | 0,966 | 0,268 | **61º** | 0,875 | 0,485 | 1,804 |
| **16º** | 0,276 | 0,961 | 0,287 | **62º** | 0,883 | 0,470 | 1,881 |
| **17º** | 0,292 | 0,956 | 0,306 | **63º** | 0,891 | 0,454 | 1,963 |
| **18º** | 0,309 | 0,951 | 0,325 | **64º** | 0,899 | 0,438 | 2,050 |
| **19º** | 0,326 | 0,946 | 0,344 | **65º** | 0,906 | 0,423 | 2,145 |
| **20º** | 0,342 | 0,940 | 0,364 | **66º** | 0,914 | 0,407 | 2,246 |
| **21º** | 0,358 | 0,934 | 0,384 | **67º** | 0,921 | 0,391 | 2,356 |
| **22º** | 0,375 | 0,927 | 0,404 | **68º** | 0,927 | 0,375 | 2,475 |
| **23º** | 0,391 | 0,921 | 0,425 | **69º** | 0,934 | 0,358 | 2,605 |
| **24º** | 0,407 | 0,914 | 0,445 | **70º** | 0,940 | 0,342 | 2,747 |
| **25º** | 0,423 | 0,906 | 0,466 | **71º** | 0,946 | 0,326 | 2,904 |
| **26º** | 0,438 | 0,899 | 0,488 | **72º** | 0,951 | 0,309 | 3,078 |
| **27º** | 0,454 | 0,891 | 0,510 | **73º** | 0,956 | 0,292 | 3,271 |
| **28º** | 0,470 | 0,883 | 0,532 | **74º** | 0,961 | 0,276 | 3,487 |
| **29º** | 0,485 | 0,875 | 0,554 | **75º** | 0,966 | 0,259 | 3,732 |
| **30º** | 0,500 | 0,866 | 0,577 | **76º** | 0,970 | 0,242 | 4,011 |
| **31º** | 0,515 | 0,857 | 0,601 | **77º** | 0,974 | 0,225 | 4,331 |
| **32º** | 0,530 | 0,848 | 0,625 | **78º** | 0,978 | 0,208 | 4,705 |
| **33º** | 0,545 | 0,839 | 0,649 | **79º** | 0,982 | 0,191 | 5,145 |
| **34º** | 0,559 | 0,829 | 0,675 | **80º** | 0,985 | 0,174 | 5,671 |
| **35º** | 0,574 | 0,819 | 0,700 | **81º** | 0,988 | 0,156 | 6,314 |
| **36º** | 0,588 | 0,809 | 0,727 | **82º** | 0,990 | 0,139 | 7,115 |
| **37º** | 0,602 | 0,799 | 0,754 | **83º** | 0,993 | 0,122 | 8,144 |
| **38º** | 0,616 | 0,788 | 0,781 | **84º** | 0,995 | 0,105 | 9,514 |
| **39º** | 0,629 | 0,777 | 0,810 | **85º** | 0,996 | 0,087 | 11,430 |
| **40º** | 0,643 | 0,766 | 0,839 | **86º** | 0,998 | 0,070 | 14,300 |
| **41º** | 0,656 | 0,755 | 0,869 | **87º** | 0,999 | 0,052 | 19,081 |
| **42º** | 0,669 | 0,743 | 0,900 | **88º** | 0,999 | 0,035 | 28,640 |
| **43º** | 0,682 | 0,731 | 0,933 | **89º** | 1,000 | 0,018 | 57,289 |
| **44º** | 0,695 | 0,719 | 0,966 | **90º** | 1,000 | 0,000 | $\infty$ |
| **45º** | 0,707 | 0,707 | 1,000 | | | | |

## 1.47 Valor efectivo o RMS de la onda sinusoidal

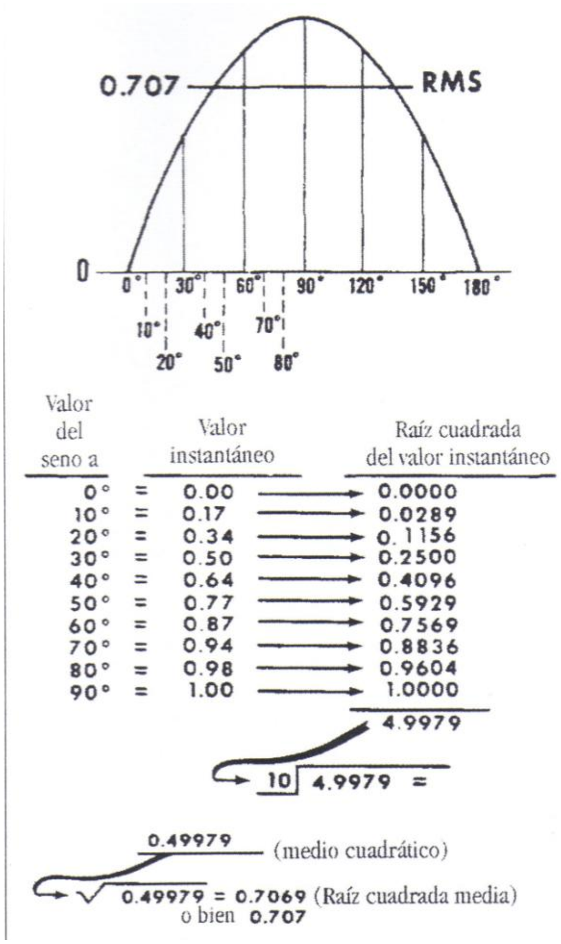



**Figura 1.48.1** **"Valor RMS"**

Cuando fluye corriente por una resistencia, la cantidad de calor producida es proporcional a $I^2R$, o sea al cuadrado de la corriente. Cuando circula corriente alternada por una resistencia el calor desarrollado es proporcional al cuadrado del valor instantáneo de la corriente. Podemos ver porque es esto. La corriente alterna cambia constantemente de valor, varia en cada instante. Primero se eleva de cero al valor máximo y luego baja nuevamente hasta cero. Lo mismo ocurre después en sentido opuesto. Debido a esta constante de variación, debemos hallar un valor que pueda ser equivalente a algún valor de corriente continua. Este valor equivalente se llama valor efectivo, porque es el que puede efectuar el mismo trabajo que una corriente continua. Sin tener un valor efectivo, es difícil discutir tensiones y corrientes, en comparación con la CC.
El valor efectivo de una onda senoidal se obtiene como sigue: primero se toma un gran número de valores instantáneos de la onda senoidal y se los eleva al cuadrado. Luego se suman los cuadrados de los valores instantáneos y se divide este total por el número de valores usados. Esto da el valor medio cuadrático. Finalmente, tomamos la raíz cuadrada del medio cuadrático, que da la raíz media cuadrática o valor RMS. Este valor RMS es muy importante, porque indica el valor de la corriente o tensión de CA que puede realizar el mismo trabajo que la CC.

## 1.48 Autoinducción

El movimiento entre un campo magnético y un conductor induce una tensión en el conductor. La autoinducción de tensión comprende una corriente variable, un campo magnético variable y un conductor; pero ahora, el camino de la corriente, el lugar de origen del campo magnético y el conductor en que se induce la tensión, son todo uno. Por esto llamamos a la tensión a si producida, tensión autoinducida. Para visualizar la acción, pensemos de la siguiente manera: cuando una corriente aumenta, crea un campo magnético que aumenta en intensidad. Al aumentar el campo y expandirse desde el interior hacia el exterior del alambre, debe moverse cortando el conductor. En este momento en que el campo magnético variable se expande cortando el alambre es cuando se genera la tensión de autoinducción.
Imaginemos ahora que la corriente disminuye. Los campos magnéticos dentro del alambre retornan a su origen, a los electrones libres. Mientras retroceden, los lazos de flujo cortan el conductor e inducen una tensión. En un caso, la tensión de autoinducción es producida por líneas de fuerza que retroceden. En una dirección de corte, debido a la corriente que aumenta se genera

una tensión de una polaridad; en la dirección opuesta de corte, debido a la corriente que disminuye se genera una de polaridad opuesta.

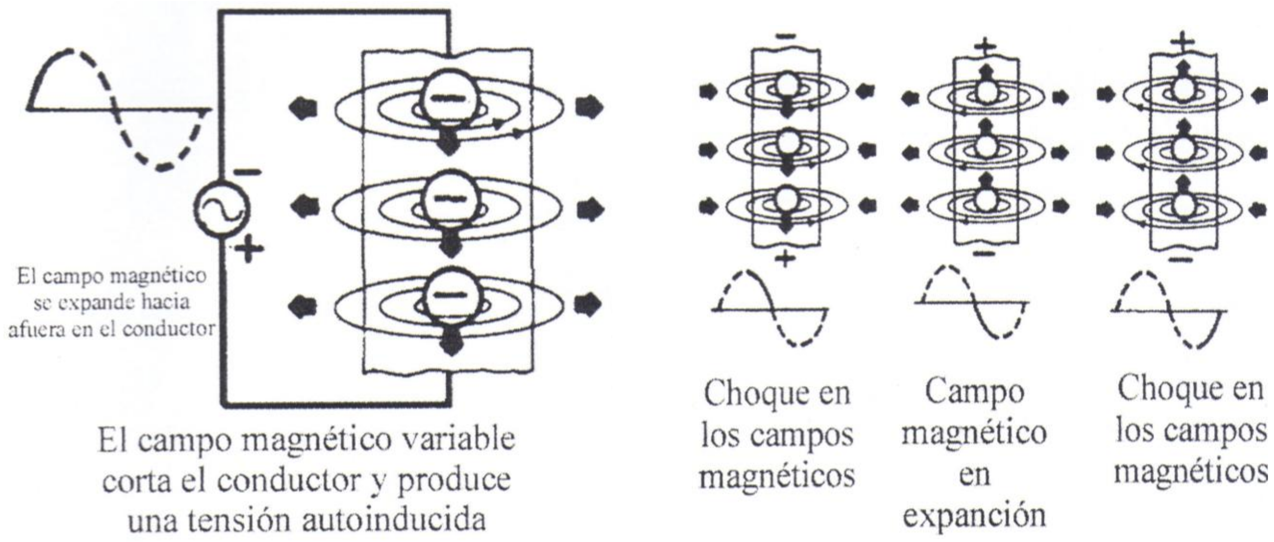



**Figura 1.48.1** **"La autoinducción"**

**Conclusiones:** la tensión autoinducida se produce cuando un conductor corta su propio campo magnético.

## 1.49 Ley de Lenz

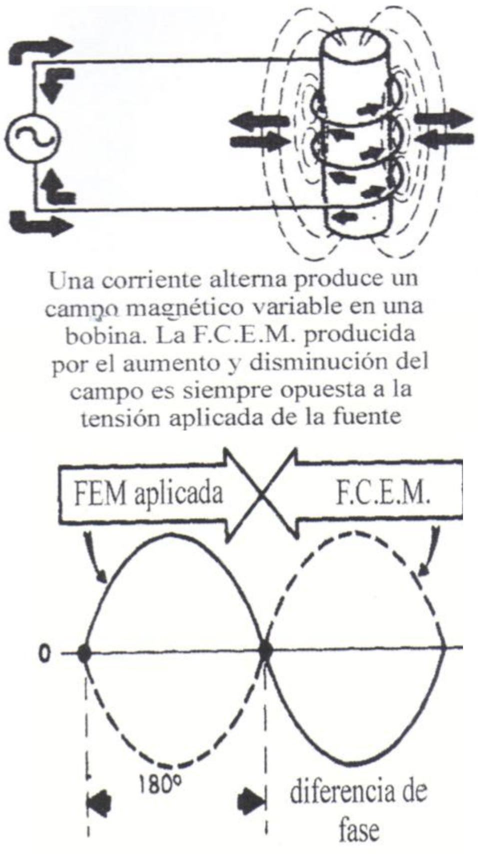



**Figura 1.49.1** **"La Ley de Lenz"**

Suponga una CA en la cual la corriente esta disminuyendo. La tensión autoinducida tiene polaridad opuesta a la tensión aplicada y, por eso, actúa en oposición con el y tiende a retardar la elevación de la corriente en el circuito. Cuando la corriente en el circuito disminuye, la tensión autoinducida tiene una polaridad que se suma a la tensión aplicado y tiende a mantener la corriente; lo que significa que tiende a oponerse a la disminución de corriente. Debido a que la acción de la tensión autoinducida es opuesta a la de la tensión aplicada, frecuentemente se denomina fuerza contra electromotriz.

Al efecto de la tensión autoinducida se le conoce como Ley de Lenz. La fuerza contra electromotriz no se mide fácilmente, pero pueden observarse sus efectos. Cuando corriente fluye por una bobina y esta se abre rápidamente, el consiguiente colapso del campo magnético induce una tensión que puede ser más grande que la tensión aplicada. La fuerza contra-electromotriz puede causar un arco momentáneo en el lugar en que se abrió el circuito.

La cantidad de fuerza contra electromotriz producida depende de la velocidad con que el campo se expande y se contrae, corta al conductor. Cuanto mas grande es la corriente, mas líneas de fuerza se cortan por segundo; cuanto mayor es la frecuencia, mas rápidamente se mueve

el campo magnético y además mayor cantidad de líneas de fuerza se cortan por segundo.

**Conclusiones:** la ley establece: "una corriente variable induce una tensión cuya polaridad es tal que se opone al cambio de corriente".

## 1.50 Inductancia

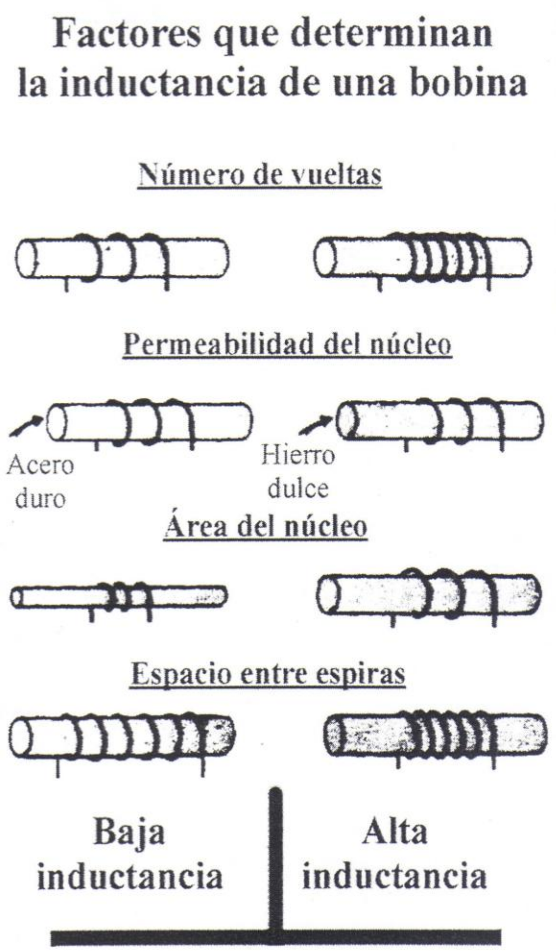



**Figura 1.50.1 "Inductancia en una bobina"**

Inductancia es la propiedad de un circuito o de un componente, de oponerse a un cambio de corriente. Cuanto mas grande es la inductancia de una bobina, mayor es la FEM inducida y la oposición al aumento o disminución de la corriente en el solenoide.

Todo conductor, corto o largo tiene inductancia. Cuando la frecuencia es baja, el efecto de la inductancia en un conductor razonablemente largo es despreciable. Cuando un conductor se arrolla en un solenoide, su inductancia aumenta mucho. Aun si el conductor no estuviera bobinado, pero fuera muy largo, su inductancia puede ser suficiente para influir en la circulación de la corriente.

Cuanto mas grande es el número de espiras o cuanto mas cerca están las espiras de la bobina, una de otra, mayor es la inductancia, porque aumenta el encadenamiento de las líneas de flujo. Si el núcleo de un solenoide se hace con un material de alta permeabilidad, tal como hierro dulce, la inductancia aumenta mucho. Por otro lado, si la bobina esta devanada volviendo el alambre sobre si mismo, la inductancia se reduce al mínimo. La FEM autoinducida generada en una mitad de la longitud total del conductor, se anula con la FEM autoinducida generada en la otra mitad; entonces, en esta forma la inductancia se hace despreciable. Este bobinado se conoce con el nombre de "no inductivo". Es un método de bobinado usado para devanar resistencias en que se desea que la inductancia no tenga efecto.

**Conclusiones:** la unidad de medida para la inductancia se denomina Henrio, en honor al físico estadounidense Joseph Henry. Se representa con la letra L. las bobinas pueden ser usadas como filtros de línea debido a la oposición que presenta a los pico de la red.

## 1.51 El capacitor

Un capacitor eléctrico (también llamado condensador), almacena electricidad acumulando electrones libres sobre una superficie metálica y los restituye como corriente eléctrica en el circuito de que forma parte. Esta capacidad se designa con la letra C. capacitores se oponen a los cambios de tensión. Esta propiedad es diferente a la de las inductancias, que se oponen al cambio de corriente.
La acción de almacenar electricidad en un condensador se llama carga. La acción de entregar la energía almacenada se llama descarga. Para propósitos de explicación vamos a suponer un condensador básico consistente en dos placas de aluminio de 25 mm separadas por aire a una distancia de 10 mm una de otra. Dado que el aire separa ambas placas activas (conductores) del condensador, la unidad se llama condensador con dieléctrico de aire.
Comenzaremos suponiendo que las dos placas metálicas son eléctricamente neutras, cada placa contiene igual cantidad de electricidad positiva y negativa. El condensador esta, por lo tanto, descargado. En el proceso de carga, una placa (P) del condensador entrega electrones libres y queda con una preponderancia de electricidad positiva. La otra placa (N), acepta los electrones de P, y tiene por lo tanto, un sobrante de electricidad negativa. Ambas condiciones eléctricas se crean en forma simultánea. Cuando esto se cumple, el condensador contiene carga o esta cargado.

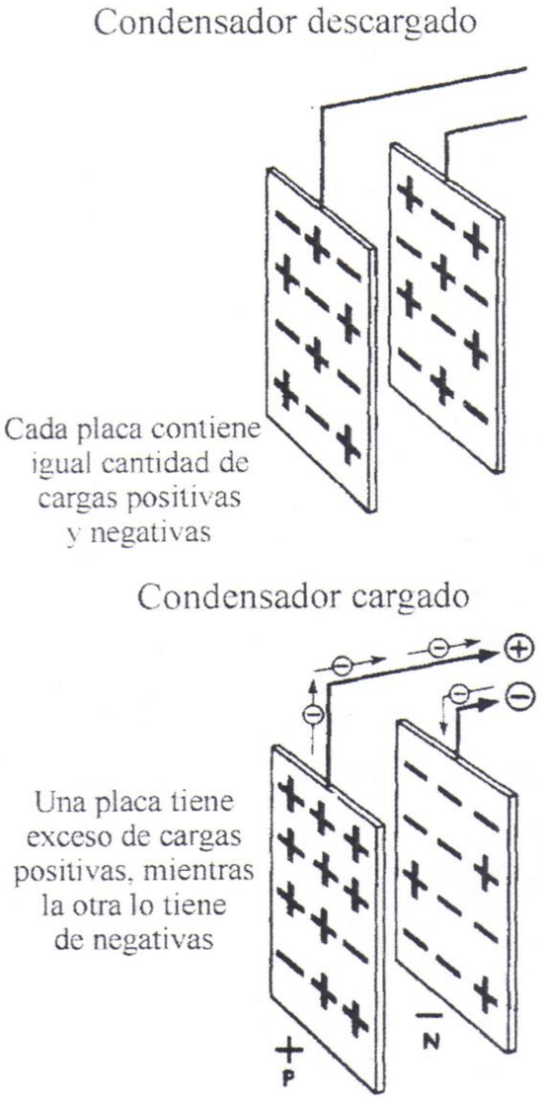



**Figura 1.51.1 "El condensador"**

**Conclusiones:** es importante entender que un condensador nunca es atravesado por la corriente eléctrica, puesto que existe un dieléctrico entre sus placas, solo acumula tensión entre sus placas.

## 1.52 Carga y descarga del capacitor

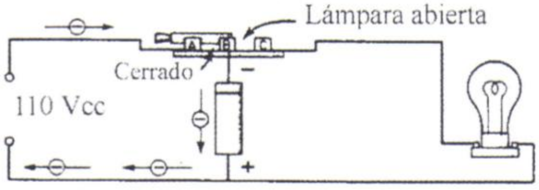



**Figura 1.52.1 "Proceso de carga"**

Suponga que un condensador se conecta a una fuente de 110 voltios de CC por medio de un interruptor inversor simple. Después de un periodo de tiempo (corto) para cargar el condensador se abre el interruptor y se saca el capacitor del sitio donde hacia contacto. Para probar que esta realmente cargado y que hay tensión entre sus terminales, conectamos una lámpara común de 40 W, 110 V, cerrando el interruptor en sentido contrario. En el momento en que

se cierra el contacto, la lámpara brillara. La energía necesaria para encender momentáneamente la lámpara fue obtenida del condensador cargado. La tensión sobre los terminales del condensador, vence la resistencia del filamento de la lámpara y los electrones sobrantes de la placa negativa se comportan como corriente y se mueven hacia la placa positiva a través del filamento. Este proceso descarga al condensador. El movimiento de los electrones libres desde la placa negativamente cargada, constituye una corriente de descarga acompañada por la disminución de tensión sobre el condensador hasta cero. Después de esta descarga el filamento no brilla porque no hay circulación de electrones.

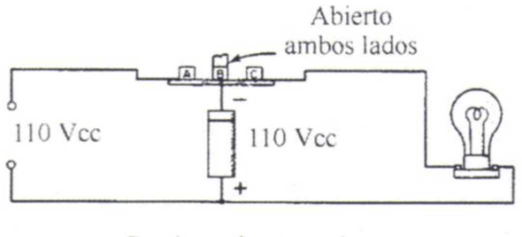



**Figura 1.52.2** **"Proceso de cargado"**

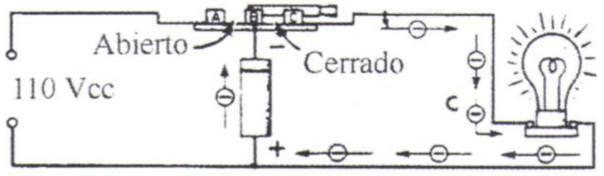



**Figura 1.52.3** **"Proceso de descarga"**

## 1.53 Carga del condensador en CA

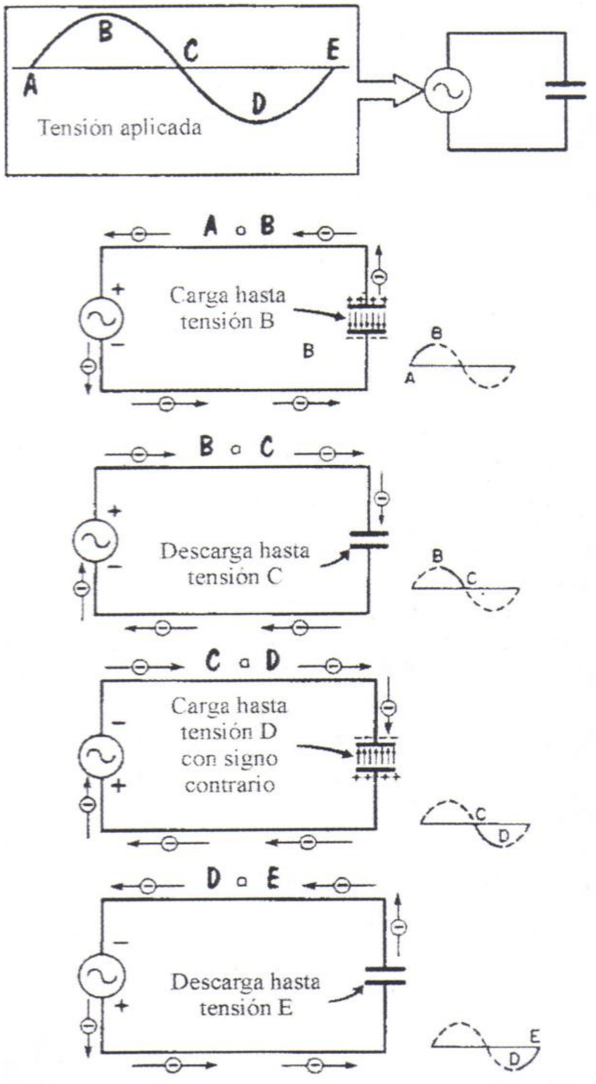



**Figura 1.53.1** **"Capacitor en CA"**

Un condensador puede ser cargado tanto en CC como en CA. Sin embargo su comportamiento en CA es diferente. Suponga una fuente de tensión senoidal. La tensión comienza en amplitud cero y aumenta en dirección positiva. El primer aumento en la tensión da como resultado una corriente de carga máxima. En el instante en que la carga se aplica al condensador, comienza a crecer la tensión entre sus terminales. A medida que la tensión aplicada aumenta disminuye la cantidad de corriente, debido al aumento de contra-tensión que aparece en el condensador. Cuando la tensión de carga ha llegado a su valor de pico, la corriente es cero y la diferencia de potencial sobre el condensador es máxima.

Habiéndose alcanzado su valor de pico positivo máximo (90°), la tensión de carga comienza a disminuir su amplitud. En el primer instante la tensión sobre el condensador excede al de la fuente, y luego comienza a bajar a medida que su carga disminuye. Nótese que primero comienza la corriente de descarga, seguida luego por la caída de tensión en el condensador. Similarmente la corriente de carga estaba adelantada a la tensión en el condensador. La diferencia de tiempo entre la corriente de carga y el aumento de tensión en el condensador y entre la corriente de descarga y la disminución de tensión, se escribe diciendo que la corriente en el condensador adelanta a la tensión

un cuarto de ciclo o sea 90°.

**Conclusiones:** la unidad de medida de la capacidad es el Farad y los submúltiplos son: el µF (micro farad = 0.000001 F), el nF (nanofarad = 0.000000001 F) y el pF (pico farad = 0.000000000001 F).

### 1.54 Conexión de condensadores en serie

La conexión de capacitores en serie, tiene el efecto de reducir la capacidad total a un valor mas bajo que la menor de las capacidades. Es el equivalente de conectar resistencias en paralelo. La razón de esta disminución, cuando se conectan en serie, es que se suman entre si los espacios entre todas las placas de los condensadores. Dado que la capacidad de un condensador varía inversamente con el espacio entre las placas, cada condensador en serie que se agrega reduce la capacidad total. La fórmula para la capacidad es:

$$Ct = \frac{C1 * C2}{C1 + C2}$$

Así, dos condensadores de 10µF y 15µF conectados en serie dan una capacidad total de:

$$Ct = \frac{10*15}{10+15} = \frac{150}{25} = 6\mu F$$

Cuando se conectan más de dos capacitores en serie se puede usar la fórmula:

$$Ct = \frac{1}{\left[\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + ...\right]}$$

Cuando los condensadores se conectan en serie, la tensión de ruptura de cada unidad se suma para dar una tensión de ruptura total igual a la suma de todos los potenciales individuales. Dos condensadores que tienen una tensión de trabajo de 600 y 1000 voltios respectivamente, permiten un potencial máximo de 1600 voltios cuando se los conecta en serie. Entonces la conexión serie disminuye la capacidad y aumenta la tensión de trabajo.

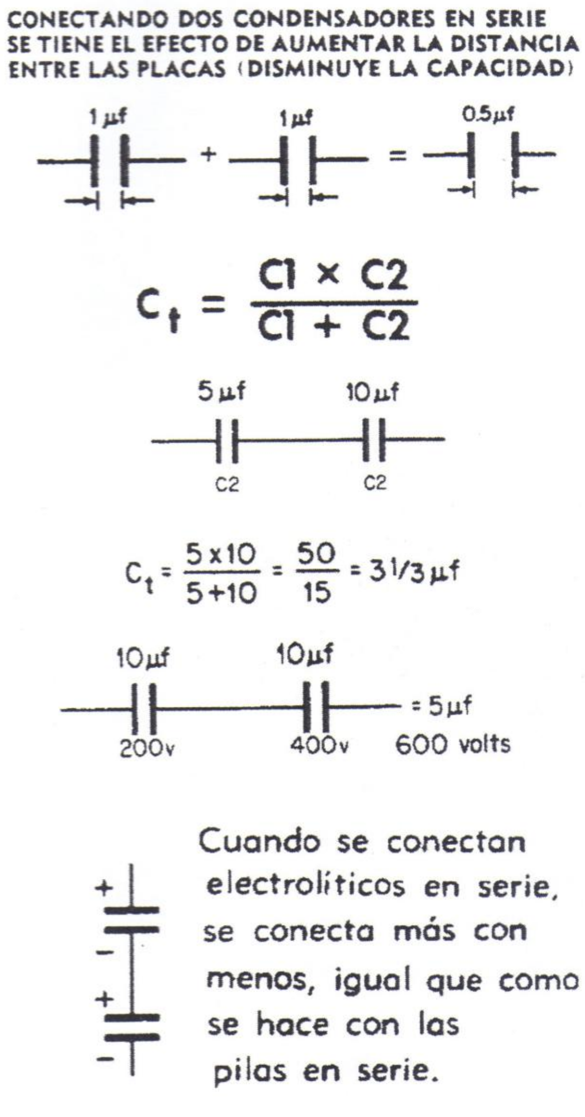
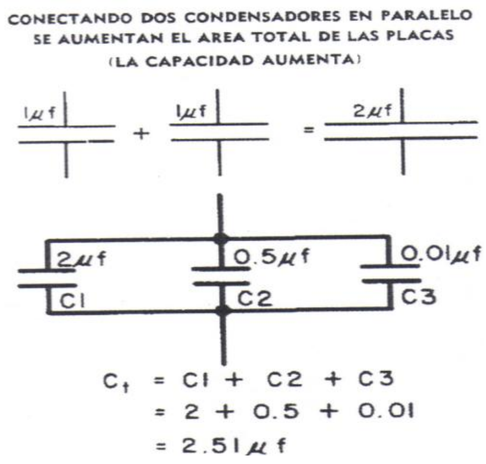



**Figura 1.54.1 "Condensadores serie"**

## 1.55 Conexión de condensadores en paralelo




Cuando los condensadores se conectan en paralelo, el efecto es una capacidad igual a la suma de las capacidades individuales. La razón de esto es que se suman las superficies de cada condensador, aumentando el área total. Dado que el área de las placas es uno de los factores que determinan la capacidad de un condensador, al conectarlos en paralelo se aumenta la capacidad total.

La fórmula para los condensadores en paralelo es:

$$Ct = C1 + C2 + C3 + ...$$

Entonces, 5µF, 10µF y 15 µF conectados en paralelo deben dar una capacidad total de 30µF.

Cuando los condensadores se agrupan en paralelo, la tensión total de circuito de aplica a cada uno de ellos. Por eso, la tensión que se puede aplicar es permitida por el de tensión mas baja, factor que limita la tensión que se puede aplicar a la combinación paralela.

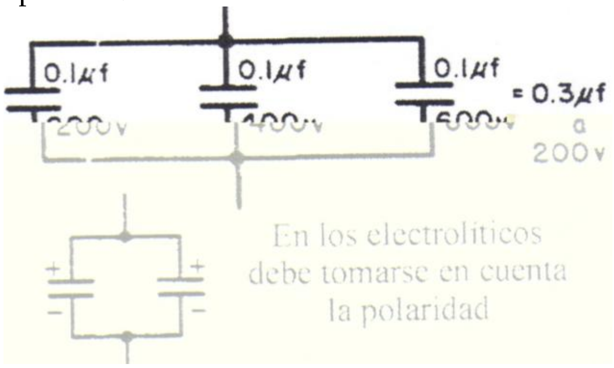



**Figura 1.55.1** **"Condensadores Paralelo"**

## 1.56 El transformador

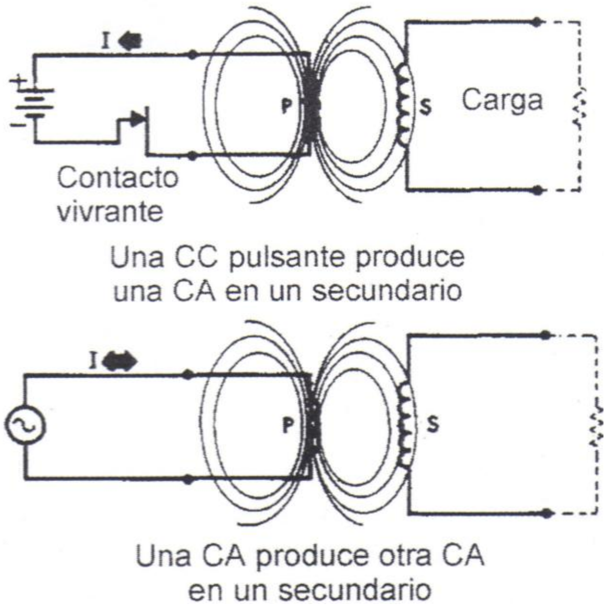
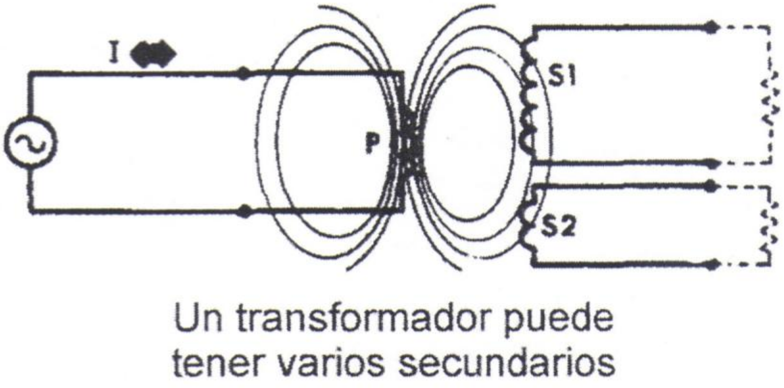



**Figura 1.56.1** **"El transformador"**

Una CA o una CC variable que circula por una bobina puede inducir una tensión variable en otra bobina cercana. El cambio de las líneas de fuerza producido por la corriente variable, en una bobina (que llamamos primario) produce el corte de las espiras de la otra bobina (llamada secundario), e induce una tensión variable en cada espira del secundario. Cuando los bobinados de ambos están dispuestos de forma tal que una corriente variable en uno, induce una tensión en el otro; la combinación se llama transformador. Todo transformador tiene un bobinado primario y uno o más secundarios. El devanado primario (abreviado P) recibe la entrada de energía eléctrica de una fuente de tensión, mientras que el bobinado secundario

(abreviado S), suministra la tensión inducida a la carga.

**Figura 1.56.2** **“El transformador”**




## 1.57 Relación de vueltas

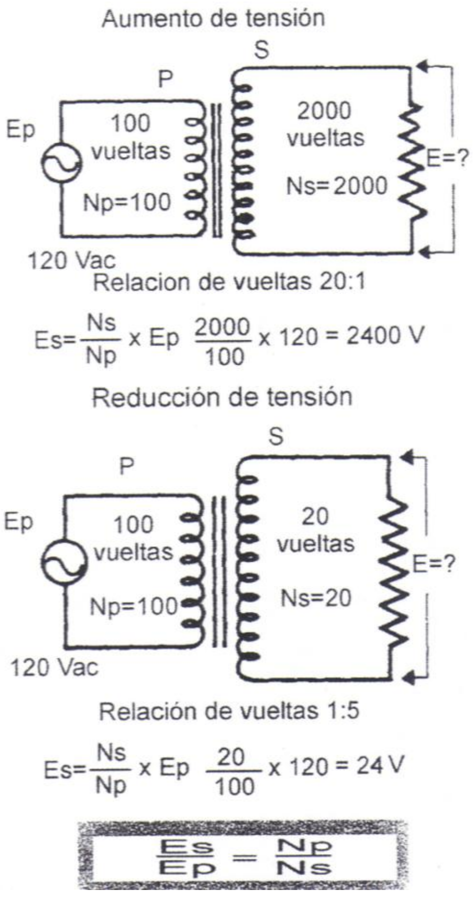



**Figura 1.57.1** **“Relación de vueltas”**

Una de las consideraciones fundamentales en transformadores es la cantidad de tensión secundaria que se obtiene respecto de la tensión aplicada al primario. Si la tensión de salida del secundario es mas alta que la aplicada al primario, hay elevación de tensión, mientras que si es mas baja que la del primario hay reducción de tensión. Algunos transformadores son diseñados para trabajar como reductores o elevadores. Cuando el transformador esta construido con un solo secundario y la tensión de este es igual al del primario, la transformación es 1 a 1 (1:1) y el aparato se usa como “transformador separador”, su única función es aislar un circuito de otro.

Como puede verse la relación de vueltas secundario-primario es igual a la relación de tensiones. Cuando el número de espiras en el secundario (Ns) excede el número de las del primario (Np), es decir que (Ns) es más grande que (Np), hay elevación de tensión. Cuando ocurre lo inverso hay reducción. La tensión que suministra el secundario es igual al producto de vueltas y la tensión aplicada al primario. Esto supone un acoplamiento perfecto (100%) entre bobinados, caso que raramente se cumple. Sin embargo, en algunos transformadores de potencia es casi perfecto.

## 1.58 Pérdidas de transformación

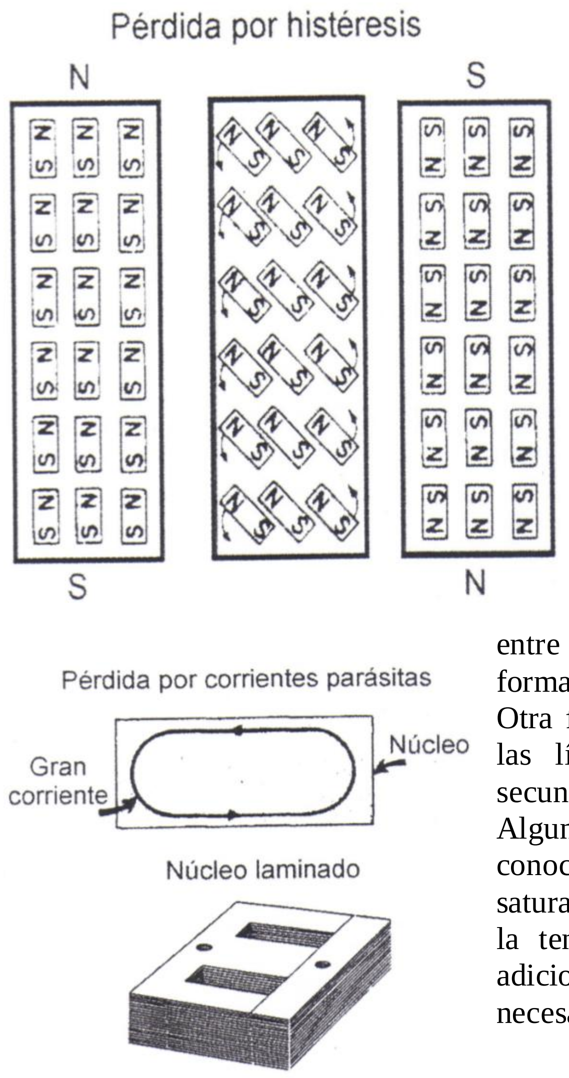



**Figura 1.58.1 "Perdidas de transformación"**

Las pérdidas mas aparentes son las del cobre. Ambos bobinados están hechos con muchas espiras de alambre de cobre, hay una perdida debida a la $I^2R$. Se reduce usando alambre de una sección mayor que la necesaria.

Las pérdidas por histéresis son debidas al ciclo de magnetización y desmagnetización que provoca la corriente alterna del circuito en el núcleo de hierro. Los átomos del material del núcleo deben cambiar de polaridad y se desarrollan perdidas por fricción. El uso de materiales especiales tal como el hierro silicio, reduce estas perdidas por histéresis.

El material magnético del núcleo produce perdidas adicionales en el transformador por pequeñas "corrientes parásitas" que se inducen en el. Estas corrientes parasitas se reducen recubriéndolo con una película aislante, de forma tal que la resistencia entre ellas sea alta. Luego se agrupan las chapas hasta formar el núcleo.

Otra fuente de ineficacia surge del hecho de que no todas las líneas de flujo producidas por el primario y el secundario se mueven a través del núcleo de hierro. Algunas salen del núcleo y no cortan los bobinados. Esto se conoce como perdida de flujo. Otras perdidas aparecen por saturación del núcleo. Pasando cierto punto, un aumento en la tensión magnetizante no produce una magnetización adicional. Por lo tanto se usa una corriente que no es necesaria, dando como resultado una perdida de eficacia.

# Unidad 2
# Introducción a la tecnología Biomédica

## 2.1 El corazón

Es una bomba doble, en la que la sangre circula por dos sistemas cerrados y separados. La sangre cargada de oxigeno abandona el ventrículo izquierdo a través de la aorta. Circula por el cuerpo y retorna, desoxigenada, hasta la aurícula derecha por las venas cavas superior e inferior. El ventrículo derecho bombea la sangre por la arteria pulmonar hasta los pulmones, donde intercambia dióxido de carbono por oxigeno. La sangre oxigenada retorna después por las venas pulmonares a la aurícula izquierda, lista para la circulación arterial.

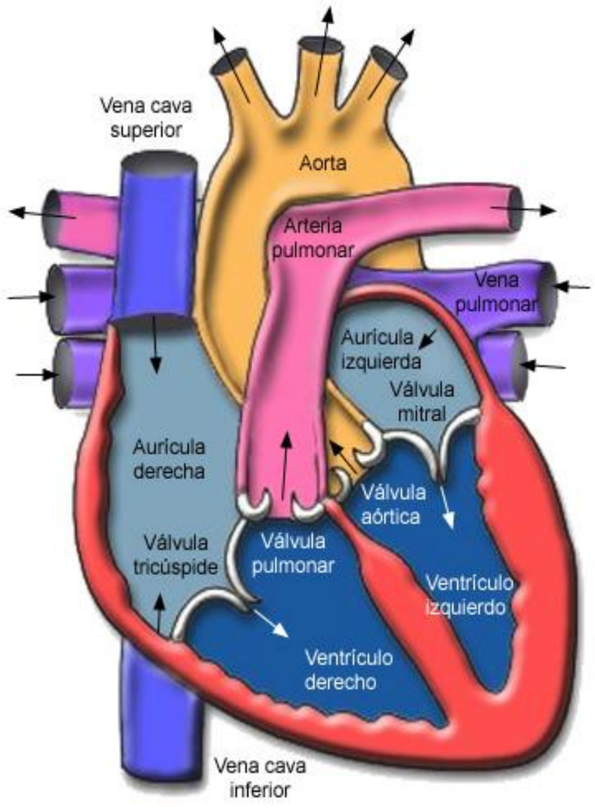



**Figura 2.1.1 "Anatomía del corazón"**

Las válvulas que impiden el reflujo de la sangre son la válvula tricúspide, interpuesta entre la aurícula derecha y el ventrículo derecho, compuesta por tres repliegues membranosos triangulares, y la válvula bicúspide y mitral, entre la aurícula y el ventrículo izquierdos, formada por dos repliegues.

La arteria pulmonar y la aorta tienen unas válvulas denominadas semilunares, debido a su forma.

**Conclusiones:** El corazón impulsa sangre pura hacia los tejidos, esta sangre sale impurificada de los tejidos y regresa al corazón. Nuevamente esta sangre es impulsada a los pulmones, donde se purifica para completar de nuevo el ciclo.

## 2.2 El ciclo cardiaco

- **Sístole auricular:** a lo largo de la aurícula se propaga la contracción estimulada por el nudo sinuauricular, esto obliga a que la sangre llene los ventrículos.
- **Inicio de la sístole ventricular.** Aumenta rápidamente la presión de los ventrículos, en un momento se cierran las válvulas mitral y tricúspide, lo que produce el primer tono de ruidos cardiacos.
- **Periodo de aumento de presión**: la presión en los ventrículos aumenta rápidamente, pero todavía no se vence la presión de las válvulas semilunares, no entra ni sale sangre.
- **Ceden las válvulas semilunares:** en el momento en que la presión intraventricular sobrepasa a la de las arterias, se abren las válvulas semilunares y la sangre fluye por las arterias aorta y pulmonar. Al ir completándose la contracción de los ventrículos, la sangre fluye con más lentitud, hasta que deja de salir.
- **Inicio de la diástole ventricular:** al entrar en reposo los ventrículos, su presión interna desciende hasta ser menor que las arterias y las válvulas semilunares se cierran de golpe. Se percibe el segundo ruido cardiaco.
- **Descenso de presión:** la presión sigue descendiendo. Las válvulas tricúspide y mitral siguen cerradas porque la presión ventricular sigue siendo mayor que la auricular. En

este momento no sale ni entra sangre en el ventrículo, aunque algún poco penetra en las aurículas relajadas desde las venas que van hacia ellas.

- **Relajación ventricular:** la continua relajación ventricular hace en este momento que su presión sea inferior a la de las aurículas, lo que abre las válvulas mitral y tricúspide, con el consiguiente descenso de sangre de aquellas a los ventrículos. Esta caída no se debe a contracción muscular sino a que la presión del ventrículo es menor que en las aurículas. El ventrículo se llena aproximadamente a la mitad de su capacidad.

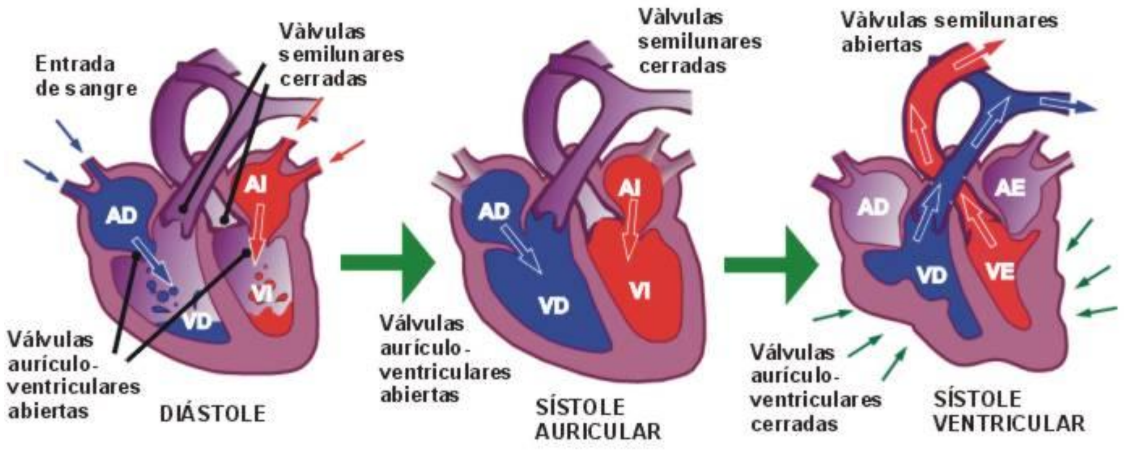



**Figura 2.2.1 "Ciclo cardiaco"**

**Nota**: Los orificios de las grandes venas en la aurícula derecha y venas pulmonares en la izquierda, no tienen válvulas, por lo que cierta cantidad de sangre pasa en sentido inverso en el sistema auricular.

**Conclusiones:**

- El sonido del corazón es una especie de "lubb-dup" es producido por el cierre abrupto de los pares de válvulas, el primer sonido lo causan la mitral y la tricúspide, mientras que el segundo las semilunares. Cuando estas ultimas están lesionadas el sonido cambia de "lubb-shhh". Esto es lo que los doctores denominan como soplo cardiaco.
- Cada latido consta de una contracción o sístole, seguida de una relajación o diástole. Las aurículas y ventrículos no se contraen simultáneamente. La sístole auricular aparece primero (dura aproximadamente 0.15 seg.) seguida de la sístole ventricular (duración aproximada, 0.30 seg.). Durante 0.40 seg. Todas las cavidades descansan en estado de relajación (diástole).

## 2.3 Electrocardiografía

Es el procedimiento diagnostico con el que se obtiene un registro de la actividad eléctrica del corazón.

Las contracciones rítmicas del corazón están controladas por una serie ordenada de descargas eléctricas que se originan en el nodo sinusal de la aurícula derecha y se propagan a los ventrículos a través de nodo auriculoventricular y del haz de his (un haz de fibras neuromusculares). Mediante electrodos aplicados en varias regiones del cuerpo se puede obtener, tras amplificarlas, un registro

de estas descargas eléctricas (transmitidas por los tejidos corporales desde el corazón hasta la piel). Este registro se llama electrocardiograma (ECG),

**Las principales partes de un ECG son:**

La onda P, una onda mas o menos sinusoidal que refleja la descarga eléctrica que se origina y propaga por las aurículas; el complejo QRS, que muestra el paso de la onda eléctrica a los ventrículos y la activación de estos; y la onda T, señal de la repolarización de los ventrículos. El electrocardiograma es extremadamente útil para el diagnostico y control de las arritmias cardiacas, de la angina de pecho y del infarto agudo de miocardio.

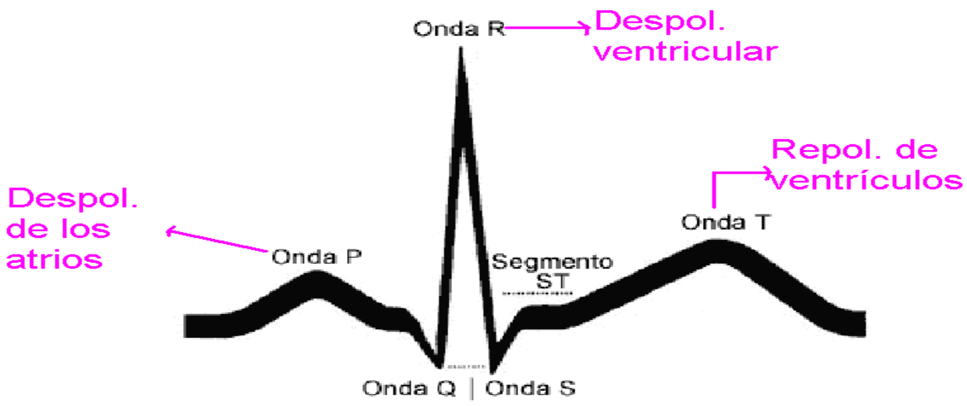



**Figura 2.3.1 "Complejo QRS"**

**Conclusiones:** Un electrocardiograma es una representación grafica de las corrientes eléctricas que se producen en el miocardio durante las fases de actividad y reposo del corazón.

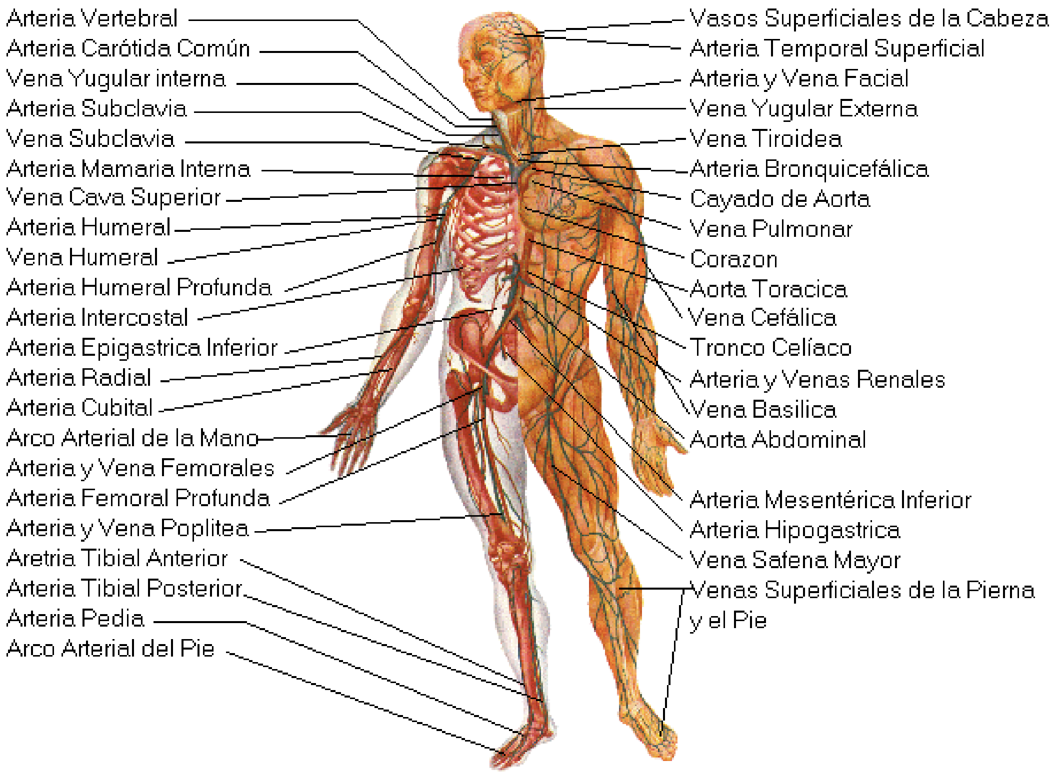
## 2.4 Sistema circulatorio en bloques

Sistema por el que discurre la sangre a través de las arterias, los capilares y las venas; este recorrido tiene su punto de partida y su final en el corazón. En los humanos y los vertebrados superiores, el corazón esta formado por cuatro cavidades: la aurícula derecha e izquierda y los ventrículos derecho e izquierdo. El lado derecho del corazón bombea sangre carente de oxigeno procedente de los tejidos hacia los pulmones y la impulsa a través de las arterias a todos los tejidos del organismo. La circulación se inicia al principio de la vida fetal. Se calcula que una porción determinada de sangre completa su recorrido en un periodo aproximado de un minuto.

El sistema circulatorio es el encargado de transportar por medio de la sangre, sustancias necesarias para la vida de las células.

Provee a las células de nutrientes y oxigeno, lleva a las hormonas desde las gandulas endocrinas hasta los órganos donde actúan, y toma los productos de desecho metabólico (dióxido de carbono, etc.) y otras sustancias que eliminan las células. Actúan también en la regulación de la temperatura.

Figura 2.4.1
“Sistema
Circulatorio”




**Conclusiones:** El sistema circulatorio se encarga de la distribución de la sangre a través de todo el cuerpo, es como un sistema de cañerías de circuito cerrado, con una bomba principal, el corazón. Por sus conductos circula tanto sangre pura como impura. Estos conductores de sangre reciben el nombre de vasos sanguíneos, y hay tres tipos de ellos: arterias, venas y capilares.

**Circulación mayor:** La sangre oxigenada parte desde el ventrículo izquierdo a la arteria aorta. La aorta dará origen a todas las arterias sistémicas subdividiéndose en vasos de calibre cada vez menor hasta llegar a las arteriolas (aproximadamente 50 micrómetros) y luego a los capilares (alrededor de 10 micrómetros). A nivel de los capilares se realiza el intercambio de oxigeno, nutrientes y otras sustancias. La sangre retorna al corazón derecho por medio de las venulas y venas.
La aurícula derecha recibe la sangre de todo el cuerpo (excepto de los pulmones) por medio de dos grandes venas: la vena cava superior que trae la sangre de los miembros inferiores y toda la parte inferior del cuerpo.

**Circulación menor:** El ventrículo derecho impulsa a través de la arteria pulmonar la sangre carboxigenada hacia donde los pulmones donde se cumplirá a través de los capilares, el proceso de hematosis por el cual el oxigeno se incorpora a la sangre a nivel de los alvéolos pulmonares.
Aquí con la ayuda de la hemoglobina (proteína presente en los glóbulos rojos) la sangre carga oxigeno y descarga dióxido de carbono que Será finalmente exhalado durante la respiración normal.
Esta sangre oxigenada retorna a través de las venas pulmonares a la aurícula izquierda para ser distribuida a todo el organismo.

**Figura 2.4.2**
**"Circulación mayor y menor"**

**Conclusiones:** La sangre lleva oxigeno de los pulmones a las células, recoge anhídrido carbónico y vapor de agua. Conduce sustancias nutritivas y agua, que recoge del intestino delgado. Transporta las sustancias de desecho de las células hasta los órganos excretores (riñones, pulmones, piel). Distribuye la energía calórica que desprenden las células, manteniendo la temperatura del cuerpo.

## 2.5 Aparato respiratorio

El pulmón es el órgano esencial de la respiración, la nariz, senos paranasales, faringe, laringe, traquea, bronquios son parte de una vía de paso abierta, que conduce desde los pulmones hasta el exterior y que incluye las vías respiratorias altas.

**Función general**

El aparato respiratorio funciona en el intercambio de gases entre el organismo y su medio ambiente.

El intercambio de gases entre la sangre y el aire tiene lugar entre los pulmones y es la llamada respiración externa, el intercambio de gases entre los líquidos circulatorios y las células recibe el nombre de respiración interna.

El intercambio del gas de oxigeno O2 y el gas de dióxido de carbón CO2 lleva el nombre de difusión de gases.

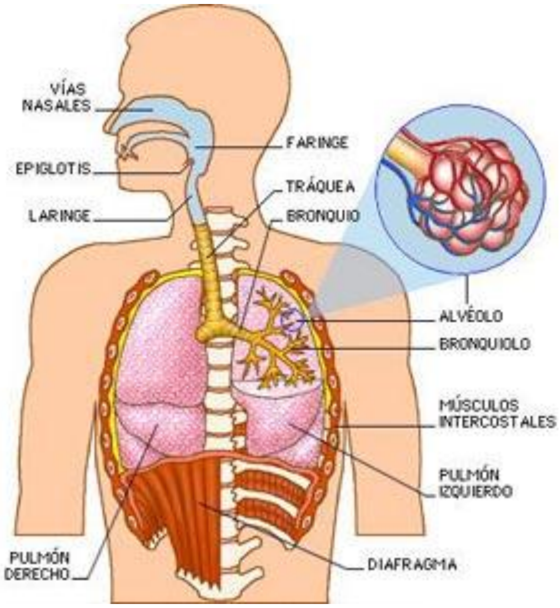



**Figura 2.5.1 "Aparato respiratorio"**

### Los órganos que comprenden el aparato respiratorio

A. **Fosas nasales:** son los conductos de entrada del aire en las vías respiratorias.
B. **Faringe**: es el conductor por el cual pasa el aire a los pulmones y los alimentos de la boca al estomago.
C. **Laringe:** esta situada al comienzo de la traquea, por donde pasa el aire a los pulmones y donde se encuentran las cuerdas vocales, que la convierten en el orégano de la fonación.

D. **Traquea:** es un tubo cilíndrico de 10 a 12cm. De largo, al que una serie de anillos cartilaginosos mantiene permanentemente abierto para que el aire pase fácilmente a los pulmones. Se extiende desde la laringe hasta la parte superior del tórax donde se divide en dos ramas.

E. **Bronquios:** son dos ramificaciones de la traquea que cada vez se hacen mas finas y numerosas, distribuyen el aire por todas partes de los pulmones, son de color rosados, pero con el tiempo sui color cambia a gris.

F. **Bronquiolo:** tubos conductivos de aire que se van reduciendo en tamaño y forman las vías terminales de los bronquios.

G. **Alveolo:** son bolsas pequeñas de aire conectadas a los bronquios. Se denominan alvéolos pulmonares. Es aquí donde la difusión de gases toman lugar.

H. **Epiglotis:** es la válvula que se cierra cuando la persona degluta.

I. **Esófago:** canal muscular que se extiende de la laringe hasta el estomago. Mide aproximadamente de 21 a 23 cm.

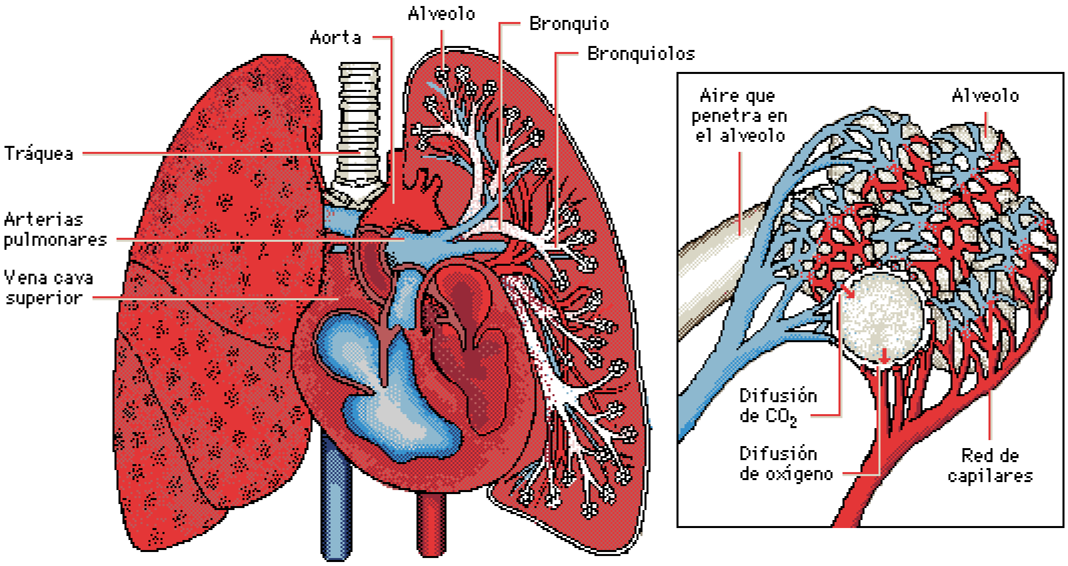



**Figura 2.5.2 "Aparato respiratorio"**

**Conclusiones:** La función principal del sistema respiratorio es la de intercambiar gases de oxigeno y dióxido de carbón entre el organismo y el medio ambiente.

## 2.6 Mecánica de la respiración

Los pulmones se localizan en el interior del tórax. Las costillas forman la caja torácica, que esta delimitada en su base por el diafragma. Las costillas se inclinan hacia delante y hacia abajo cuando se elevan por la acción del músculo intercostal, provocando un aumento del volumen de la cavidad torácica. El volumen del tórax también aumenta por la contracción hacia debajo de los músculos del diafragma. En el interior del tórax, los pulmones se mantienen próximos a las paredes de la caja torácica sin colapsarse, debido a la presión que existe en su interior. Cuando el tórax se expande, los pulmones empiezan a llenarse de aire durante la inspiración. La relajación de los músculos tensados del tórax permite que estos vuelvan a su estado natural contraído, forzando al aire a salir de los pulmones.

Los trastornos respiratorios mas frecuentes son:

- Atelectasia
- Enfisema
- Bronquiectasia
- Asma
- Neumonía
- Tuberculosis
- Edema pulmonar
- Sinusitis

También hay fenómenos respiratorios como la tos, estornudo, bostezo e hipo.

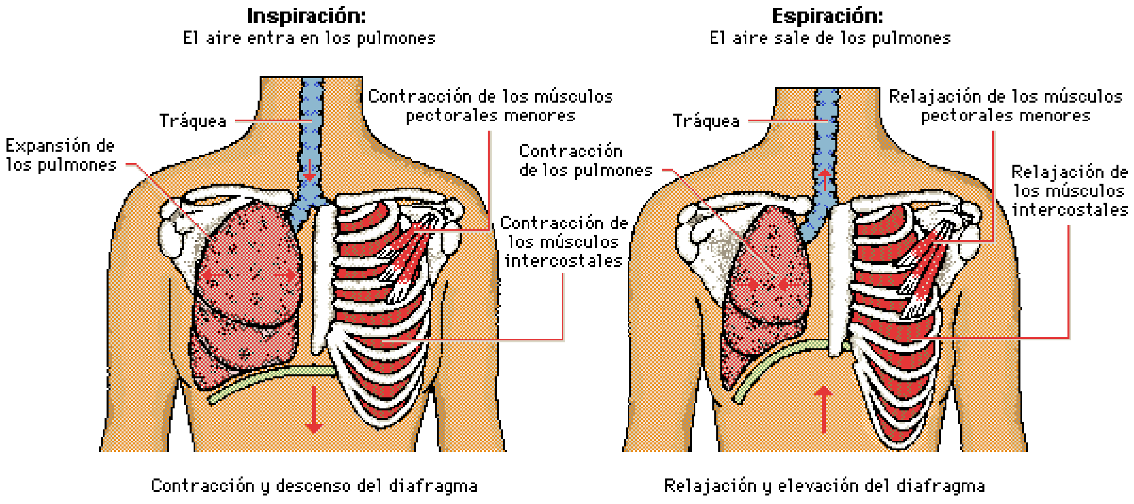



**Figura 2.6.1 "Mecánica de la respiración"**

**Conclusiones:** los movimientos respiratorios se denominan inspiración y expiración. El intercambio de gases se lleva a cabo en los alvéolos pulmonares.

## 2.7 El papel que desempeña el técnico biomédico

### Mercado de equipo biomédico

Progresos recientes en la tecnología electrónica están causando efecto en la población mundial. Estos progresos han ido desde los transistores en 1948 a los primeros circuitos integrados en 1958, y el microprocesador en 1972. Los resultados de los avances tecnológicos en mecanismos han dado como resultado instrumentos como computadores, calculadoras de bolsillo, receptores de televisión operados con baterías y marcapasos electrónicos. Desde 1980 se ha adquirido millones de dólares en equipos médicos electrónicos por hospitales no tomando en cuenta la instalación, mantenimiento y reparación requerida por la mayoría de estos instrumentos. La naturaleza especializada del equipo medico y la dependencia de la vida asociada con muchos mecanismos requiere un técnico que este familiarizado no únicamente con los circuitos internos del equipo, sino con la operación del mismo y en el momento en que el paciente tenga que colocarse frente al

instrumento. Para llenar estos requisitos, técnicos de equipo biomédico que han recibido instrucción especial en ramas de electrónica, cuidando de la salud e instrumentación medica, están siendo actualmente adiestrados en institutos técnicos comunitarios.

**El técnico en equipo biomédico**

Los nombres de ingeniería biomédica, ingeniería clínica y técnicos de equipo biomédico (TEB) se refieren a este ramo y han obtenido una aceptación mundial en el campo al cuidado de la salud.
Cuando se habla de un ingeniero clínico y/o biomédico, se refiere a la persona que ha adquirido el grado en ciencias (4 años de estudio) con especialidad en este campo. Igualmente, alguien que adquirió su titulo en ingeniería Eléctrica y que obtuvo experiencia en el campo al cuidado de la salud, también se le llama ingeniero clínico o biomédico.
Al hablar de un técnico en electrónica biomédica hablamos de alguien que adquirió un grado vocacional, (dos años de estudio) diploma o certificado de una universidad acreditada o escuela vocacional.
Las funciones de un ingeniero electrónico clínico generalmente se basan, aunque no necesariamente, en la investigación, desarrollo y manejo del área. Las funciones de un técnico de equipo biomédico son generalmente, aunque no necesariamente, aquellas que se relacionan con la reparación y mantenimiento de los equipos biomédicos del área.

La frase “no necesariamente” la decimos para significar que estas funciones pueden interrelacionarse y en ciertas circunstancias se pueden intercambiar inclusive, dependiendo de la organización y de la naturaleza del trabajo. Por ejemplo, muchos TEB’s han logrado altas posiciones en base a la experiencia y conocimientos adquiridos, y algunos llegan a ser grandes expertos. Igualmente no todos los ingenieros graduados llegan a ser gerentes o trabajan en programas de investigación y desarrollo. Además, muchos ingenieros se sienten muy satisfechos en el área de reparación y mantenimiento, particularmente cuando parte de su trabajo tiene que ver con problemas de hallar soluciones a los problemas de fallas en los instrumentos biomédicos complejos y sofisticados.
La Asociación para el Avance de la Instrumentación Medica de los Estados Unidos (AAMI) define a un técnico de Equipo biomédico como:
Un individuo de amplios conocimientos de la teoría de operación, los principios fisiológicos biológicos y las aplicaciones clínicas practicas y seguras del equipo biomédico.
Su capacidad puede incluir instalación, calibración, inspección, mantenimiento preventivo, y reparación de equipo biomédico en general y equipo de prueba relacionado con este, al igual que operación o supervisión de control del equipo, sistemas o programas de seguridad eléctrica y mantenimiento preventivo.

Esta definición destaca la variedad de funciones que cumple un técnico de Equipo biomédico. A los técnico de equipo biomédico se les requiere para reparar, saber calibrar, ajustar, o explicar la operación de un instrumento medico.

## 2.8 Las responsabilidades de un TEB

Las responsabilidades y desafíos (retos) de los técnicos de equipo biomédico en un hospital de tamaño medio (100 a 300 camas) son diversificadas. La cantidad del equipo biomédico puede ser de 100 instrumentos o mas de varios tipos y modelos, desde calentadores y oftalmoscopios hasta sistemas complicados tales como radio telemetría para el cuidado coronario y sistemas de análisis químico automatizados y controlados mediante un computador. Un técnico de Equipo biomédico

debe estar plenamente consiente de los principios que hay tras la operación y funcionamiento de todo el equipo al cual esta asignado y presta servicio.
Las responsabilidades del TEB van más allá del servicio y calibración de la instrumentación de precisión.

Estas (las responsabilidades) comienzan mucho antes que el equipo se halle en el hospital. Comienzan con las reuniones del Comité de doctores, enfermeras, técnicos y personal administrativo del hospital que son responsables de comprar nuevos equipos. Tomando en cuenta que el TEB esta en permanente contacto con los progresos recientes en instrumentación medica, a menudo se le piden sugerencias con respecto al equipo que servirá para el diagnostico o las necesidades terapéuticas del personal del hospital.
Luego de efectuada la selección, generalmente se lleva el equipo al hospital para su evaluación funcional. Una vez recibido el instrumento, el técnico procederá a la evaluación del instrumento entero revisando y comprobando la precisión, funcionamiento, facilidad de mantenimiento, calidad de construcción y manuales conteniendo información completa para operación y servicio. Examina íntegramente el equipo, asegurándose que llene los requisitos establecidos por médicos y enfermeras, quienes finalmente llegaran a usarlos.
El equipo evaluado es trasladado a continuación al departamento del hospital en que será utilizado. Generalmente se halla presente un representante del fabricante a efectos de explicar la operación del instrumento a las enfermeras y técnicos que serán los primeros en darle uso.
Algunas veces es responsabilidad del TEB dar este entrenamiento. Dando por hecho que a juicio del personal medico el equipo ha funcionado satisfactoriamente, se remite la solicitud y recomendación correspondientes para la inclusión en el presupuesto y la consiguiente compra. Dicha solicitud va generalmente acompañada de la recomendación del TEB.

## 2.9 Laboratorio de equipo medico

Una vez que llega el equipo nuevo, el departamento de biomedicina se encarga de desempacar y se revisa el instrumento para certificar que la operación y calibración del mismo no fueron afectadas en el embarque. Se procede a asignarle un número de identificación. Se revisa el manual de servicio con relación a las necesidades de mantenimiento preventivo y equipo de prueba requerido por la calibración. Se piden los accesorios para el funcionamiento diario y los repuestos. Para futuras referencias se archivan los duplicados de las instrucciones de operación. Se inicia un historial de equipo. Se llenan las tarjetas de garantía y se llevan a cabo numerosas tareas para asegurar que se encuentra disponible para su uso (por parte del personal medico del hospital) un instrumento medico de precisión.
Generalmente el equipo medico tiene garantía de un año que puede ser extendido por contrato con los representantes del fabricante. Si durante este periodo ocurre un desperfecto, el técnico de equipo biomédico notificara al vendedor a efectos de iniciar la reparación. Un TEB debe revisar la garantía de fábrica y contratar los servicios. Después del periodo de garantía y durante el mismo en algunos casos, los técnicos de equipo biomédico deben revisar continuamente el funcionamiento mediante inspecciones de mantenimiento periódico o programado. Dichas inspecciones revelan la mayoría de los problemas que ocurren en mecanismos de uso medico.
El mantenimiento periódico incluye generalmente limpieza y prueba del instrumento y el asegurar que la operación del mismo se lleve a cabo dentro del marco de especificaciones del fabricante. Las reparaciones bien pueden llevarse a cabo en el lugar mismo o en el laboratorio de Equipo biomédico. El taller de equipo biomédico usualmente es parte del departamento de mantenimiento de un hospital.

En el departamento de mantenimiento el tiene su propio espacio, que es a menudo un cuarto separado, o sea, el laboratorio de equipo biomédico. Dicho laboratorio es un taller completo para reparación de los instrumentos médicos donde una variedad amplia de equipos de prueba electrónicos se hallan a la disposición.
Los instrumentos de prueba típicos constan de un osciloscopio un generador de función, un voltímetro digital, un medidor de flujo de corriente, analizador para el desfibrilador, y varios otros instrumentos necesarios para la calibración, reparación y eliminación de problemas del equipo electrónico. Puede igualmente haber instrumentos probadores mecánicos disponibles:
Esfigmomanómetros (modelos de presión de mercurio), termómetros, calibradores para presión y vacío, etc. Una variedad de herramientas y manuales completa la lista del equipo. Además del equipo de prueba y las herramientas, debería haber piezas de repuesto en existencia para la mayoría de los instrumentos.
Un TEB es responsable en determinar cuales son los repuestos necesarios en existencia y se asegurara que los mismos sean pedidos y de mantener un control de inventario.
Un bien inapreciable para el técnico de equipo biomédico es lo que constituyen sus archivos. La mayoría de los laboratorios de equipo biomédico tienen cinco archivos principales. Primero esta el archivo de **“Manuales de servicio”** que contiene una gran variedad de manuales que cubren la extensa variedad de instrumentos que son atendidos por el departamento de equipo biomédico del hospital. La mayoría de los manuales contendrán instrucciones de operación, información de servicio, descripciones de circuitos con esquemas y lista de repuestos.
El segundo archivo es el archivo del **“De repuestos”** que contiene información del fabricante, los cuales enlistan la variedad de componentes que ellos producen. Los técnicos de equipo biomédico deben usar estos catálogos para obtener los repuestos necesarios que habrán de requerir para el equipo. Los catálogos componentes pueden incluir artículos y/o accesorios requeridos tal como cables de interfaz, soluciones químicas, etc. Hay además catálogos para repuestos de herraje para el taller tales como tornillos y tuercas alambre, solventes (disolventes) y otros artículos similares.
El tercer archivo es el **“Catalogo de ventas de equipos”** que contiene literatura del fabricante con respecto a nuevos productos. Al técnico de equipo biomédico a menudo se le pide consultar con el personal medico con respecto a nuevos productos, asimismo, se le pide también consultar a menudo con el personal medico sobre la selección de equipos. Manteniendo un archivo para seleccionar instrumentos corrientemente disponibles, podrá satisfacer la necesidad de dicho personal. Los catálogos de literatura de equipo de ventas y de repuestos, a veces son los mismos, o sea ambas informaciones se encuentran en un catalogo.
El cuarto archivo es el de **“Equipos”.**
Este archivo es indispensable porque además de indicar que dicho equipo existe; también justifica la existencia del técnico biomédico. La información en el inventario incluye datos tales como la nomenclatura del equipo, fabricante, modelo, catalogo o tipo, numero de serie, ubicación y estado del equipo. El inventario debe tomarse una vez por año. El quinto archivo y quizá el mas importante, es el archivo historial de **“Mantenimiento preventivo”** de los equipos. En el se conservaran datos permanentes con respecto al equipo que ha sido atendido en el Laboratorio de Equipo biomédico. Cada reparación, calibración, o ajuste es registrado en tarjeta o libreta historial. Dicho procedimiento permite al técnico de equipo biomédico localizar problemas repetitivos. La entrada típica a observar en tales archivos incluye la fecha, explicación del problema, acción correctiva, ajustes realizados, mantenimiento periódico efectuado, repuestos utilizados y su costo, *tiempo requerido y la firma del técnico. Este archivo igualmente puede tener como control del equipo, datos de seguridad eléctrica e inventario. Por ejemplo, cualquier instrumento asignado a un departamento puede ser fácilmente localizado en base a la información contenida en el archivo del historial de MP. El costo o el tiempo de los instrumentos similares pueden igualmente ser obtenidos.

*el tiempo requerido para efectuar las reparaciones, siempre incluye el tiempo que se tomo en traer el equipo al taller, llenar formas, consultar, etc.

Además de los archivos ya mencionados el laboratorio de equipo biomédico esta generalmente dotado de una pequeña biblioteca. En esta se hallan una variedad de libros informativos de electrónica, biomedicina y reglamentos de orden nacional estatal y local que afectan hospitales y equipo medico. Hay igualmente libros de anatomía y fisiología, mediciones biofísicas, física, computación e instrumentación medica. Ejemplares de revistas y artículos referentes a la biomedicina, incluyendo, además, instrumentación medica; electrónica médica y otros artículos de salud que completan la biblioteca.
*se entiende que en la mayoría de los países en desarrollo no cuentan con material informativo escrito en su propia lengua. Les sugiero a mis colegas que produzcan sus propios libros educativos y material informativo para así compartir con otros sus experiencias. Igualmente, formen organizaciones dirigidas a este ramo para intercambiar ideas y experiencias, esto ha de producir resultados positivos que le servirán a la comunidad de salud.
La biblioteca a menudo sirve al técnico de equipo biomédico como fuente de referencia para resolver problemas que requieren investigación adicional.

## 2.10 Seguridad eléctrica

Otro aspecto que involucra a los técnicos de equipo biomédico es la “seguridad eléctrica”. Niveles extremadamente bajos de corriente (aproximadamente 100 microamperios) son capaces de *fibrilar un corazón humano. La responsabilidad de controlar estas corrientes es función del programa de seguridad eléctrica. Todo equipo eléctrico tiene una pequeña perdida de corriente a tierra, los conductores principales del paciente o sensores de ciertos instrumentos a veces están conectados a tierra. En ciertos casos esto puede poner en peligro a ciertos pacientes. Un técnico de equipo biomédico usa instrumentos sensibles para asegurarse que la perdida de corriente se mantiene en un nivel que dañe al paciente o al personal del hospital.
El programa de seguridad eléctrica también incluye la inspección de las salas quirúrgicas. Para minimizar las posibilidades de que una chispa eléctrica pueda causar que el gas se incendie y con el fin de eliminar esta posibilidad se usa un piso conductivo para reducir la electricidad estática. Los códigos nacionales en los Estados Unidos, requieren *pruebas periódicas de los cuartos de operaciones. La mayoría de los cuartos de operación están equipados con sistemas de distribución de energía aislada. Estos sistemas de energía protegen a los pacientes y al personal de posibles daños que puedan encontrarse al momento de emplear el equipo eléctrico en el ambiente seco de cirugía.

**Conclusiones:**

- fibrilación es la acción del corazón cuando palpita incontroladamente muy rápido.
- Estas pruebas no son requeridas para hospitales que no utilizan gases anestésicos inflamables.

El técnico de equipo biomédico generalmente trabaja muy cerca con el electricista del hospital. Juntos pueden realizar el mantenimiento y probar los sistemas de energía de todo el hospital. Las responsabilidades del técnico de equipo biomédico usualmente incluyen el examinar (probar) los tomacorrientes y la calidad de sistemas de tierra en los lugares destinados a pacientes de cuidados intensivos, salas quirúrgicas y otros lugares donde se encuentre el paciente. Se hace necesaria una estrecha relación ente el técnico de equipo biomédico y el electricista al momento de instalar el

equipo o reubicarlo. En el área de seguridad eléctrica, el electricista y el técnico de equipo biomédico tienen responsabilidades interrelacionadas.
Las responsabilidades de un técnico de equipo biomédico varían grandemente. Debe ser un técnico en electrónica, consultor, maestro, estar en capacidad de resolver problemas en general. Debe tener buenos conocimientos de anatomía, fisiología, de mecánica, sistemas de distribución de energía, terminología medica, gases médicos, seguridad del paciente, procedimientos hospitalarios, técnicas de esterilidad, control de infección y una lista interminable de otras funciones relacionadas con el hospital.
Esta variedad de conocimiento no puede hallarse en la experiencia del técnico en electrónica común. Dicho conocimiento y la aplicación del mismo es justa la especialización del técnico de equipo biomédico.

## 2.11 Requisitos educacionales

Un programa típico de una escuela universitaria incluye cursos de electrónica con varios temas. Los tópicos a cubrir son: electrónica básica que incluye resistencia, fuentes de tensión, redes, matemática técnica, circuitos CD y CA (corriente continua y alterna), inductancia, capacitancia, potencia, resonancia, sistemas de distribución de energía, electrónica avanzada, transistores bipolares, de campo, circuitos integrados, circuitos equivalentes de CA, amplificadores diferenciales y de clase A, B, C, análisis de frecuencia, osciloscopios y fuente de potencia.
Mientras el estudiante esta aprendiendo electrónica toma cursos de tecnología biomédica. Empieza con el curso inicial que sirve de introducción y estudia la definición del equipo biomédico su función, operación. Estudia equipos como electrocardiógrafos, desfibriladores, instrumentos de análisis sanguíneo etc. También debe conocer acerca de las funciones fisiológicas como el ciclo cardiaco, nervios, estimulo muscular, conductividad eléctrica de los tejidos, funciones respiratorias y hematología.

## 2.12 Ética profesional

Esta característica del TEB es la que define su relación con los demás miembros del hospital, incluyendo a los pacientes. Un TEB debe tener ciertas cualidades que lo distinguen por su amabilidad, comprensión y cortesía. Un buen sentido del humor, y un sentido de orden en su comportamiento, también:

**Colaboración**
Para poder dar el mejor servicio en el campo de la salud, es indispensable la colaboración y un constante esfuerzo de muchos grupos en los hospitales. Uno de ellos es usted, el técnico biomédico. Ningún miembro puede funcionar efectivamente sin la colaboración de los demás.

**Respeto**
Es preciso respetar y comprender a las demás personas envueltas.

**Responsabilidad**
Cada miembro del equipo tiene sus tareas y responsabilidades bien definidas.

**Carácter**

Es nuestro deber siempre luchar por esta virtud. Se refiere a una conducta controlada que el individuo aprende a través de su asociación con las demás personas y en su proceso de maduración.
Si sucede un accidente o comete un error, debe informarlo inmediatamente al director o ala persona encargada. En una situación de cuidado de la salud, un accidente puede ser asunto de vida o de muerte.

**Profesionalismo**
Servir como guía para los demás miembros del equipo. Servir como advertencia en contra de una conducta incorrecta por parte de los miembros de dicho grupo, poniendo en peligro su asociación con dicho grupo.

**La confianza**
Sea signo de confianza. Esto significa que: debe ser puntual en su trabajo, debe trabajar lo mejor que pueda, rápido y eficazmente. Cumpla lo que promete, especialmente si le ha prometido hacer un trabajo para un departamento. Haga su trabajo como ha aprendido a hacerlo, sin que se lo tengan que recordar.

**Honestidad/integridad**
Consulte con la encargada/o cualquiera que sea el problema. Sea honesto si no sabe o entiende algo.

**Discreción**
Poder contar o confiar en alguien, o en algo. Cuando le digan algo confidencialmente esta información debe ser guardada para usted solamente. Debe seguir esta regla, excepto cuando se lo oculte a su jefe, y podría resultar peligroso para el paciente.

**La ambición**
Tener ambición es querer avanzar. Para lograr el éxito en su carrera es indispensable tratar de mejorar constantemente, ya que uno debe estar al día en todas las cosas.

**Ser ingenioso**
Improvisar según las necesidades. Siempre buscar una mejor manera de resolver problemas o necesidades.

**Ser juicioso**
El buen juicio es indispensable para el técnico biomédica profesional; esto implica una mente despierta e inteligente capaz de razonar.

**El aceptar**
Aceptar al compañera tal y como es. Comprender sus fallas, pues así el comprenderá las suyas.

**La personalidad**
Las características obvias y las no tan obvias, que los distinguen de las demás personas.

**Las características de la personalidad**
La buena personalidad es desarrollada. Una disposición simpática ante las demás personas. Ser simpático con las demás personas implica tener buena fe con los demás, y la no agresividad, el acepta r a los demás tal como son, tener habilidad para conversar amigablemente con todo tipo de

personas. Todo esto se puede conseguir sin involucrar a los pacientes. Interés por las demás personas y por nuestro alrededor. A través de su compañero uno aprende a expandir y controlar sus intereses con el cuidado de los pacientes.

**La simpatía**

Mostrarle al paciente que usted se preocupa por el fin de darle a indicar que usted tiene solución a su enfermedad.

**La cortesía**

La cortesía significa consideración y cooperación para sus compañeros.

**Control emocional**

Coopere con sus compañeros de trabajo. Acepte el trabajo que se le encargue sin quejarse. Siga los consejos de su supervisor. Demuestre deseo de aprender. Si considera que ciertas personas del equipo no son atentas corríjalas usted, fíjese en si mismo antes de juzgar. Talvez algo en su manera de ser les desagrada a esas personas que no han sido atentas con usted.

**Tacto**

Significa hacer y decir lo necesario en el momento oportuno. Escuche a la otra persona cuando se queje o cuando le presente algún problema. Use tacto cuando explique al cuerpo medico los motivos del problema de un equipo, si el cuerpo medico fuese culpable de dicho problema.

**Limpieza y orden**

El aspecto físico. La buena apariencia personal es importante para darles confianza al paciente y al personal para el desarrollo de su trabajo.

## 2.13 Los aspectos negativos del carácter y la personalidad

El descuido, resultan en una técnica mediocre, se reducen los detalles aumentan las fallas en la reparación y calibración de los instrumentos biomédicos.

**La descortesía**

La descortesía se puede mostrar con el paciente, el doctor, enfermera o los compañeros de trabajo, respuestas bruscas a las preguntas, asistencia demasiado de prisa, comportamiento antisocial en general.

**Terquedad**

Se manifiesta en actitudes y resistencia al cambio continuamente, denegación a participar en actividades voluntarias.

**Egoísmo**

Se manifiesta al no querer compartir sus posesiones materiales u otras ventajas con los demás, siempre piensa en si mismo primero.

**Celos**

Se manifiesta al no querer reconocer el merito de otros, al rechazar a personas mas atractivas en su circulo social, descontento cuando no recibe mas atención o elogios, actitudes con demasiada critica.

**Mal humor**
Se refleja en una expresión facial triste al igual que en el tono de voz, acercamiento inseguro a las demás personas, falta de entusiasmo ante la vida.
**Autosuficiencia o actitud defensiva**
Se manifiesta por la incapacidad de aceptar crítica amigable sin poder beneficiarse de ella, por una actitud de superioridad que implica tener la razón en todo.

## 2.14 Relaciones con el paciente

**El contacto con el paciente**
Tratar al paciente como persona individual. Cuando entre a la habitación de un enfermo, salúdelo rápido y en forma agradable sin mantener grandes charlas. Antes de trabajar en el equipo sierre explíquele al paciente lo que va hacer, con afabilidad. Demuestre al paciente que lo que usted esta haciendo simplemente es revisando el equipo y no esta relacionado con su condición física. Recuerde que los enfermos se sienten molestos, incómodos y tristes. Recuerde que usted representa al hospital. Trate las visitas del enfermo con cortesía y amabilidad. Cada persona reacciona a su enfermedad a su manera según lo siguiente:

- Problemas de familia
- Problemas de dinero
- Problemas de trabajo
- Dolor o preocupación por su enfermedad
- Medio ambiente extraño
- Tratamiento medico
- Estar fuera de casa
- Factor miedo

**Formas de buenas relaciones entre usted y el paciente**

Evite molestar al paciente con ciertas cosas que le molestan de su trabajo. Evite largas charlas con el paciente, si el paciente continua hablando escúchelo atentamente pero no le de oportunidad a que continúe.

## 2.15 Relación con el personal de otros departamentos

**Las charlas**

- Evite conversaciones de aspectos personales
- Escuche atentamente
- Mantenga siempre las charlas sobre los datos de los equipos que va a revisar y no deje que lo desvíen a charlas sobre asuntos no relacionados con su trabajo o aspectos personales.

**Puntualidad**
Es importante el ser puntual o sea cumplir con sus citas o llamadas de servicio a su debido tiempo. No permitir que lo esperen un minuto tarde refleja falta de respeto, de responsabilidad y desconsideración.

# Unidad 3
# Equipos e Instrumentos Médicos

### 3.1 Bomba de succión

Figura 3.1.1 "Bomba de succión"

Una bomba de succión se utiliza para aspirar secreciones. Tales como:

1. secreciones
2. sangre
3. contenido gástrico

Es un instrumento electromecánico que consta de:

1. motor
2. envase de vidrio y
3. conexiones de goma.

Se utiliza en el área quirúrgica para aspirar en el momento en que estén operando o realizando una intervención quirúrgica luego en el post-operatorio y en la sala de recuperación.
Es un equipo que se le puede llamar auxiliar del medico y de la enfermera y para el paciente es como una prótesis. También se utiliza en la sala de partos, en todas las emergencias, en terapias intensivas y en servicios de hospitalización.
Son equipos portátiles y fáciles para conducirlos por los servicios. Su operación es fácil. Su reparación no es complicada y su mantenimiento también es fácil.

### 3.2 Indicaciones para uso y mantenimiento

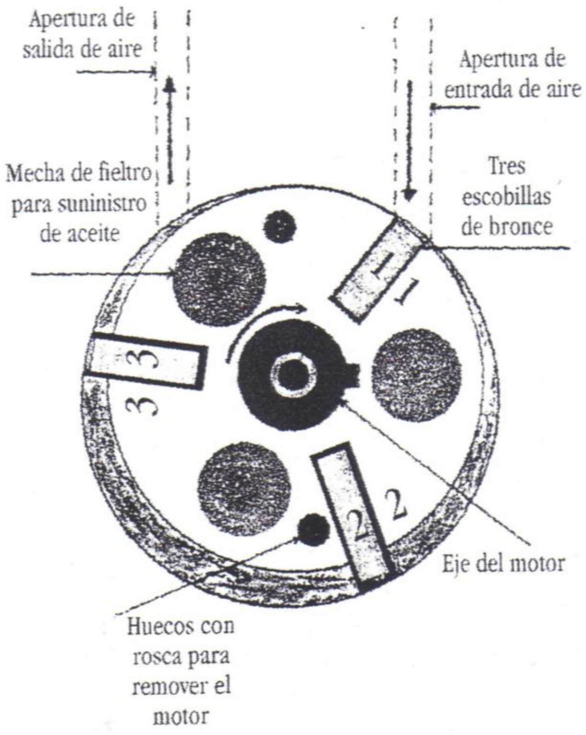


Figura 3.2.1 "Partes del motor"

El motor se puede lubricar, tiene tres laminas numeradas que deben ser colocadas adecuadamente en el disco; estas laminas se congelan (aprietan) llegan a pegarse al disco, por lo tanto causan daño al equipo y no o dejan girar; esta es una falla común en estos equipos.
Hay en el mercado unas lijas muy finas; las cuales se utilizan para limpiar estas láminas. Las conexiones de goma son factibles de falla, ya que se colapsan, es decir, que se pegan, entonces no dejan pasar el liquido que en ese momento esta aspirando, de manera que el medico o enfermera que en ese momento este manipulando la maquina, puede creer que el equipo esta fallando, estas mangueras se cambian por completo.
Entre el frasco de vidrio, o sea, arriba en la tapa, hay una válvula donde se hacen las conexiones que salen del frasco: una que va al paciente y la otra que va al manómetro. El mantenimiento de esta válvula es importante, porque al taparse también obstruye la succión. Se debe remover las

conexiones, luego lavarlas y después llevarlas al compresor para limpiarlas con aire presión para obtener un trabajo efectivo y normal.

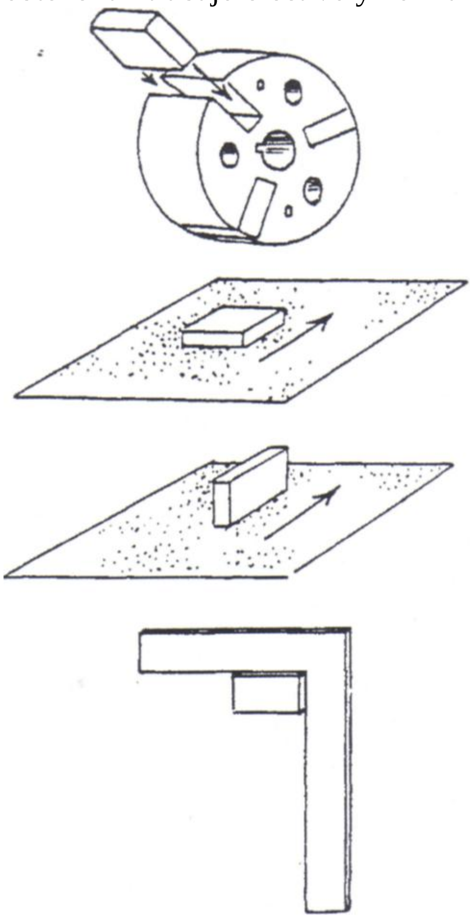


Figura 3.2.2 **“Uso y mantenimiento”**

El frasco de vidrio viene en varias formas, es graduado, trae un limite que puede llegar a los 5 milímetros, esto quiere decir, que de en esta cifra en adelante no se puede dejar pasar secreción al paciente, ya que empieza a subir las conexiones y al llegar al motor causando grandes averías. Hay que tener un cuidado especial en esto, ya que por descuido se puede dañar el equipo.

Los filtros de succionador son fáciles de reemplazar.

El manómetro se cambia por completo, o sea que no se repara, aunque en algunas compañías ciertos técnicos lo hacen, pero lo recomendable es reemplazarlo por uno nuevo.

Después de un mantenimiento o reparación de la bomba de succión revísela para su buen funcionamiento. Deberá succionar de 20 a 25mmhg (miligramos de mercurio). Esto se puede verificar ocluyendo la tubería que sale del frasco de vidrio y leyendo los niveles arriba mencionados en el de succión ubicada en la bomba.

En el área médica se utilizan diferentes tipos de sondas para aspirar ya que las conexiones de goma no van directamente al paciente, sino que hace una conexión adecuada entre la parte final de la goma y la parte anterior de la sonda.

Estas sondas son:

1. sonda de Nelatón: las hay de diferentes calibres.
2. sondas de Levine: las hay también de diferentes calibres.

En el campo comercial hay diferentes tipos, modelos y marcas de aspiradores, entre ellos tenemos:

1. Gomco.
2. Sorensen.
3. Air Shields.

Comúnmente estas son las más usadas en los hospitales. Estos equipos funcionan con una tensión de 115 V. en el área hospitalaria, como vocabulario medico se usan las siguientes palabras:

1. aspirador
2. succionador
3. gastroevacuador
4. evacuador del tórax.

**Figura 3.2.3 “Modelo de aspirador”**

Siendo un aspirador y succionador el mismo equipo, pero con diferente nombre. La diferencia entre el llamado aspirador y el gastroevacuador, es que el aspirador se utiliza en el momento de intervenciones quirúrgicas, en post operaciones y en intervalos regulares y ocasionales, mientras que el gastroevacuador se deja fijo al paciente, para eliminar contenido gástrico, que el mismo no

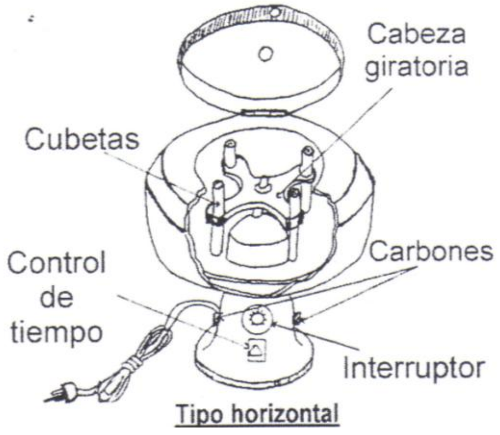
puede hacer por si solo. Se deja conectado al paciente días o semanas, según la evolución del paciente y el criterio del medico tratante. Su mantenimiento preventivo se hace periódicamente. Según el cuidado que le tenga el operador al equipo, tendrá facilidad para aplicarlo, igualmente familiares con sus aplicaciones médicas, el técnico en biomedicina podrá efectuar un mejor mantenimiento de la misma.

### 3.3 La centrífuga

Una centrífuga es un equipo que consiste de una cabeza girante rodeada por una cubierta protectora y obtiene su fuerza de un motor eléctrico o turbina.

Los dos tipos comunes de centrifugas son la horizontal y cabeza de ángulo. Otros dos tipos, la de velocidad súper o alta y la ultra centrífuga, no son usadas en el laboratorio clínico ordinario, son discutidas en la sección de beneficio.

El tipo de centrifuga horizontal contiene cubetas o protectores montados en una posición vertical cuando están en reposo, estos asumen una posición horizontal cuando la centrifuga gira.




Las partículas (sólidas) para ser sedimentados deben seguir la longitud entera de la columna del líquido antes de alcanzar el fondo del tubo. Esto requiere más tiempo y es por consiguiente una desventaja del tipo horizontal. Otra desventaja es la posibilidad que el contenido del tubo siendo centrifugado pueda ser agitado hacia arriba a medida que los protectores caen de nuevo a sus posiciones verticales de reposo.

El tipo de centrífuga cabeza de ángulo contiene cubetas protectores en una posición rígida a un ángulo fijo, generalmente 52 grados, del mástil o eje alrededor del cual ellos giran.

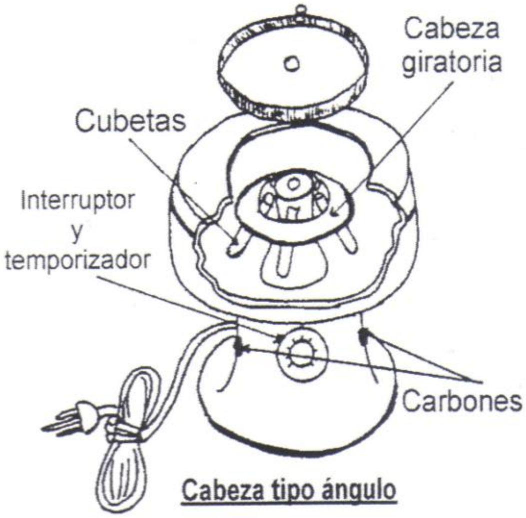



**Figura 3.3.1** **"Tipos de centrifugas"**

Las partículas para ser centrifugadas tienen una distancia mas corta para viajar. Ellas se mueven a través de la columna de líquido al lado del recipiente, chocan con otras partículas para formar grupos, y se mueven rápidamente hacia el fondo. Esta centrifuga no tiene las dos desventajas del tipo horizontal mencionadas anteriormente. También, ya que el ángulo de la centrifuga tiene menor resistencia al aire que las cubetas oscilantes, desarrolla mayor velocidad con la misma potencia del motor.

Una desventaja de la centrifuga cabeza de ángulo es que la superficie superior de la capa sólida sedimentada esta en un ángulo, mientras que la superficie superior de la capa sólida sedimentada en el tipo horizontal esta plana. La capa sólida hace

difícil de quitar la capa liquida clara sin revolver los sólidos.

### 3.4 Uso de la centrífuga

La fuerza centrífuga depende de la velocidad de rotación y de la distancia de la muestra del centro de rotación. Por consiguiente, entre mas potente sea el motor y mas grande la centrifuga, mas grande será la fuerza con la cual se hace la separación.
La centrífuga con velocidades entre 1,200 y 5,500rpm se utilizan para laboratorios industriales, hospitales, laboratorios químicos y centros de salud publica donde una centrifuga extrafuerte de gran capacidad y alta velocidad es requerida para uso constante o intermitente.

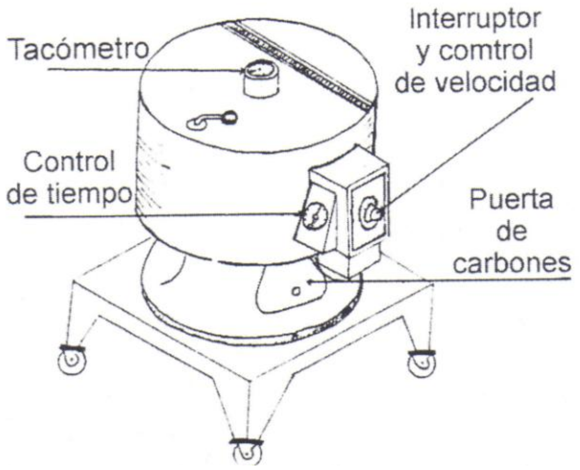



**Figura 3.4.1** **"Partes de la centrífuga"**

Cualquiera que sea el tipo de centrifuga el método de abrir la cubierta para exponer la cabeza girante que contiene las cubetas donde se ponen los especimenes en el tubo es el mismo. Esto parra mantener el balance de la centrifuga. El tubo que contiene el espécimen es puesto en la cubeta que contiene un cojín protector de goma en su base. La posición es directamente opuesta al primero. Todos los tubos de espécimen se colocan en forma de balancear la centrifuga. La cubierta es cerrada y se enciende la centrifuga. La velocidad es aumentada, usualmente alrededor de 1,200 a 2,000 rpm y se mantiene por 10 minutos, (las rpm y el tiempo de rotación dependen del espécimen al ser girado. Los especimenes mas comunes que son separados son: sangre, orina y fluido espinal.

La fuerza centrífuga causara que los componentes mas pesados (por ejemplo sedimentos de la orina, células de la sangre) sean empujados hacia el fondo del recipiente del espécimen, dejando el liquido claro mas liviano en la superficie (por ejemplo de la orina, el suero o plasma) en la parte superior. Cuando el motor es apagado, la fricción del aire gradualmente parara la rotación de la cabeza que contiene los especimenes. La cabeza no deberá ser parada manualmente ya que esto causara que el contenido del tubo se mezcle requiriendo repetirse el proceso de centrifugación. Después de que los tubos han parado de girar, son quitados cuidadosamente de las cubetas de la centrifuga y puestos en un estante para tubos de ensayo, y el liquido claro que flota es la superficie es echado fuera (o quitado) de cada espécimen. Generalmente se requiere una gran experiencia para echar fuera el sobrante sin desalojar el sedimento. Es mejor para los principiantes quitar el sobrante con una pipeta Pasteur (gotero disponible con un Bilbo de goma reusable) y cuando el sobrante es puesto en un tubo de ensayo limpio marcado con etiqueta esta listo para prueba.

Si el sedimento se necesita para prueba el sobrante es quitado y descartado.

Aunque el uso de la centrifuga parece bastante simple, hay varios principios que deben ser seguidos a fin de evitar lesiones al personal y daños a la centrífuga.
Los que usan la centrifuga deben familiarizarse con los componentes de ella. Un plan de mantenimiento preventivo debe ser establecido para asegurar una ejecución genuina. Dependiendo de la frecuencia de uso, el mástil de la centrifuga debe ser lubricado periódicamente y las escobillas (carbones) reemplazados cuando sea necesario. Estas medidas preventivas reducen los

periodos de agotamiento que afectan desfavorablemente el buen cuidado del paciente. Aunque muchos fabricantes proporcionan cuidado de la centrifuga sin costo, ayuda mucho, a un trabajador de laboratorio que se responsabilice para ponerse en contacto con ellos cuando se requiera mantenimiento. Un procedimiento en el cual el trabajador de laboratorio es responsable, es la calibración de la centrifuga con un tacómetro. El tacómetro es un instrumento que confirma el número de revoluciones por minuto o velocidad con la cual el espécimen gira.

Otro principio que debe ser seguido en los procedimientos de centrifugación es la necesidad de mantener la cabeza girante en equilibrio. Las cubetas o protectores o protectores de la centrifuga (con sus contenidos) localizados en posición opuesta deben ser de igual peso.
Para conseguir esto las cubetas o protectores opuestos deben ser de igual tamaño, forma y peso. Un método de equilibrar los pesos es tomar un tubo para balancear idéntico y añadir agua al tubo hasta que su nivel original iguale el nivel del espécimen en la copa opuesta.
Otro modo de conseguir el balance es pesar las cubetas opuestas y sus contenidos en una balanza comparativa.
El peligro de tubos de espécimen rotos es un problema constante. Los tubos de prueba puestos en las cubetas de la centrifuga deben ser soportados por un cojín de goma en la base de cada cubeta. Esto protege a los tubos a que se rompan en altas velocidades. Todos los tubos de vidrio considerados para centrifugación deben ser inspeccionados para eliminar cualquiera con rajaduras o astillas.
Si un tubo de prueba se rompe durante la centrifugación la maquina debe ser parada.

## 3.5 Como hacer la separación de sangre y orina

**Materiales y equipo**

- centrifuga, tipo grande de piso, con marcador de tiempo automático.
- Tubo de espécimen con etiqueta, marcado con letra “A” contiene un líquido turbio.
- Tubo de ensayo vacío idéntico en peso al tubo de espécimen “A”.
- Cuatro tubos de ensayo limpios, de cualquier tamaño cada uno con una etiqueta en blanco.
- Agua tibia.
- Pipeta Pasteur.
- Especimenes clínicos: orina turbia, sangre coagulada, y sangre entera en tubos de ensayo limpios con etiqueta.

Equipo adicional

- Balanza pequeña
- Dos tubos de espécimen adicionales de peso igual con etiqueta “A” y “B”.
- Pipeta (grande o pequeña).
- tacómetro.

**Procedimiento:**

- Abra la tapa de la centrifuga y remueva cualquier tubo, como tubos de balance, que están en las cubetas de la centrifuga. Verifique que en cada cubeta opuesta en la cabeza girante haya otro de igual peso. Los pesos están estampados en las cubetas.
- Quite las dos cubetas opuestas de la cabeza de la centrifuga.

- Examine cada uno por fragmentos tales como vidrios rotos. Si una cubeta no esta limpia, inviértala y golpéela levemente contra una superficie dura. Enjuagarla con agua tibia ayuda a quitar partículas tales como sangre seca.
- tome precaución al limpiar, las cubetas y la centrifuga, pedazos de vidrio pueden cortarle la mano.
- Quite el cojín de goma de la base de cada cubeta. Golpeando levemente, como en el paso anterior, o usando fórceps ayudara a removerlos.

Si el cojín esta en buena condición reinstálelo de nuevo, si esta quebrado o rajado reemplácelo de nuevo. Ponga las cubetas en una superficie cerca de la centrifuga.

**Balanceado del espécimen:**

- Obtenga un espécimen clínico en un tubo de ensayo (etiqueta "A") y un tubo de ensayo vacío idéntico.
- Añada agua tibia en el tubo de ensayo vacío hasta que su nivel líquido sea el mismo que el tubo de espécimen.
- Ponga un tubo en cada una de las cubetas de la centrifuga que usted uso en el ultimo paso del procedimiento.
- Reinstale las cubetas y tubos en la centrifuga.

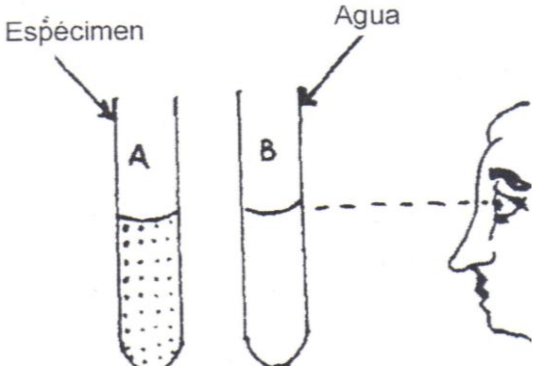



**Figura 3.4.2 "Método para balancear la muestra usando otro liquido como contra peso"**

**Operando la centrífuga:**

- Cierre la puerta de la centrífuga.
- Gradué el marcador de tiempo de la centrifuga a 12 minutos. Gradualmente gire el control de velocidad, si los tubos no están balanceados, la centrifuga vibrara y se sacudirá. Si un tubo esta astillado o roto, se escuchara un sonido de partículas de vidrio pegando contra la caja de metal. Si esto ocurre apague la centrífuga, aplique el freno, y balancee los tubos o reemplace los especimenes.
- Después de 12 minutos, la centrifuga automáticamente se apagara. (si no hay marcador de tiempo automático, apague la centrifuga manualmente). Cuando la centrifuga se haya detenido, levante levemente la puerta de la centrifuga y verifique. No quite los tubos de espécimen hasta que las cubetas de la centrifuga están completamente paradas.
- *advertencia: nunca abra la tapa de la centrifuga cuando este girando.

**Términos Claves:**

1. **fuerza centrífuga**. Un empuje hacia fuera ejercido en todos los objetos que viajan en una trayectoria circular.
2. **Deshidratación:** el proceso por el cual el agua es quitada o perdida.
3. **Filtrado:** el líquido claro obtenido cuando una mezcla de sólido y líquido es separado por filtración.

4. **mantenimiento preventivo:** el cuidado de los equipos por calendarización. En la centrifuga por ejemplo se hace limpieza, se revisan las escobillas y se lubrica, para mantener una maquina o instrumento en buenas condiciones de trabajo.

*generalmente el mantenimiento preventivo se hace cada 3 meses o mas si su uso es muy frecuente.

5. **Plasma:** la porción fluida de la sangre es la cual las células de la sangre están suspendidas.
6. **Centrífugas horizontal y cabeza de ángulo:** dos tipos de centrifugas donde las cubetas están en una posición vertical y con la centrifuga cabeza de ángulo, las cubetas o protectores están en una posición rígida a un ángulo fijo.
7. **Términos utilizados**
   - **PRM:** rotaciones por minuto.
   - **Balanceada:** rotación pulida.
   - **cojín de goma:** se utilizan para proteger el tubo de espécimen.
   - **Balanceo de cubetas:** llenar un tubo idéntico al tubo de espécimen con el mismo volumen de líquido.

## 3.6 Ventajas entre tipos de centrífugas

La centrifuga súper o de alta velocidad es usada para clarificar (hacer claro) líquidos que la centrifuga común no puede. La centrifuga de alta velocidad opera a velocidades mucho mas altas que las pequeñas de mesa.
Las velocidades son de 20,000 a 60,000 rpm (por ejemplo comparando el máximo de 5,000 rpm de las centrífugas pequeñas generales de laboratorio). Esta centrifuga de alta velocidad se encuentra rara vez en laboratorios clínicos ordinarios.

### Centrífuga de alta velocidad

La ultra centrifuga es un centrifuga de muy alta velocidad (mayor de 70,000 rpm máximo) que es usada como instrumento analítico para la separación y sedimentación de las moléculas de sustancias tales como proteínas o virus. Para conseguir la alta velocidad, la cámara de la ultra centrifuga es generalmente al vacío e impulsada por una turbina de aire.
Esta centrifuga casi nunca se encuentra en el laboratorio clínico de rutina. Esta centrifuga es también refrigerada.

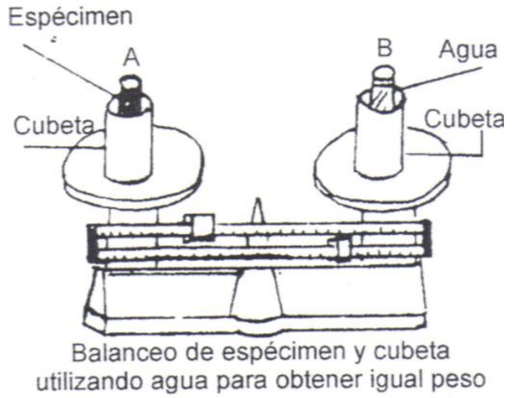
## 3.7 Método alternativo de Balanceo de tubos en la centrifuga

Cuando un tubo de balance idéntico no esta disponible, dos tubos de pesos desiguales pueden ser balanceados usando el siguiente procedimiento.

1. obtenga una balanza pequeña y póngala en cero.
2. ponga una cubeta en cada platillo de la balanza pequeña. Ponga un tubo de espécimen (A) para ser centrifugado en la cubeta. Verifique que los pesos de la balanza están en la posición cero.
3. ponga la segunda cubeta en el otro paltillo. Ponga el segundo tubo de espécimen (B) en esta cubeta.

4. con una cubeta que contenga agua, añada pequeñas cantidades de agua a la cubeta que es más liviana para que los tubos se balanceen. Tenga cuidado de no poner agua en el tubo de espécimen. No añada mercurio para balancear las cubetas ya que se almangará con el latón y la base de la cubeta de metal.
5. ponga los tubos de espécimen en cubetas opuestas en la cabeza de la centrifuga.
6. el espécimen esta ahora listo para ser centrifugado.

**Figura 3.7.1** **"Método alternativo de balanceo"**




### 3.8 Uso del tacómetro

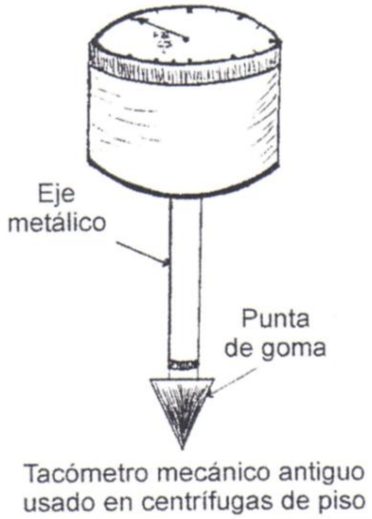



**Figura 3.8.1** **"Tacómetro"**

No todas las centrifugas están construidas para permitir calibración externa con un tacómetro. Algunas centrifugas tienen un velocímetro el cual confirma las revoluciones por minuto. Cuando pueda ser usado un tacómetro, no solamente se puede confirmar las rpm sino también puede determinar la fuerza centrifuga relativa (G) con ayuda del nomograma incluido. Una característica para ciertas velocidades es a veces designada en algunos métodos por (G). Por esta razón uno puede determinar (G) de rpm's y el radio de la cabeza de la centrifuga.
*método grafico para determinar la solución de ciertos cálculos.
Un tacómetro puede ser encontrado en la mayoría de las centrifugas mas viejas de tipo de piso y se parece al ilustrado en la figura. Consiste de un disco marcado en cientos (por ejemplo 10 es igual a 1.000; 15 es igual a 1.500, etc.).

El tacómetro tiene una proyección en forma de eje metálico, al final el cual es una punta dura de goma que se parece a la punta afilada del lápiz. Cuando hay que hacer una calibración, este extremo del tacómetro puede ser puesto para que se ajuste aproximadamente sobre la cabeza de la centrifuga, la cual tiene una muesca.
Tal ajuste es posible cuando los dos tornillos en el lado del tacómetro son aflojados para permitir al instrumento resbalarse hacia abajo con la muesca en la cabeza de la centrifuga. Estos tornillos son después apretados para sujetar al tacómetro en su lugar. Esta es la posición de funcionamiento.
Cuando el tacómetro no se usa mas los tornillos son aflojados y el instrumento se resbala hacia arriba de manera que el extremo que parece lápiz no esta mas en contacto con la cabeza de la

centrifuga. Los tornillos son apretados para sujetar el tacómetro arriba y lejos de la cabeza. Esta es la posición de almacenaje.

## 3.9 Procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo

**Peligros asociados con la utilización de centrifugas:**

Los tubos utilizados pueden romperse, la rotura es más probable que ocurra si las instrucciones del fabricante no son seguidas, tales como el uso de tubos de tamaño no correcto y la no utilización de amortiguadores.

Los rotores pueden descolocarse o fallar, posiblemente por la perdida de una tuerca de sujeción o el emplazamiento de un tubo desequilibrado; el fallo del rotor o de algún tubo puede resultar sobre el operador en una exposición a riesgos físicos o infecciosos.

El operador puede dañarse mientras intenta disminuir o parar la velocidad del rotor con la mano. Por este motivo, la tapa del equipo no debería nunca ser abierta mientras el rotor este girando. Y si además existe una tapa de protección interna usarla.

También existen riesgos cuando la centrifuga no este funcionando; por ejemplo, cristales rotos, posiblemente contaminados con sangre, que pueden ser encontrados dentro de la centrifuga durante la limpieza o la inspección y mantenimiento preventivo.

Se debe cuidar que estén presenten las instrucciones de uso y mantenimiento, realizar la instalación y el montaje con las debidas medidas que garanticen la seguridad. Como mínimo las unidades deberían tener una tapa con enganche que prevenga a la centrifuga de ser abierta en el caso de un fallo mientras el rotor esta dando vueltas.

Una seguridad de bloqueo, la cual permite a la tapa ser abierta solo después que el rotor haya parado o alcanzado una velocidad muy baja, es preferible, que todas las nuevas unidades tengan esta característica.

**Recomendaciones:**

- limpiar y mantener adecuadamente todas las centrifugas. (nota: contactar con el fabricante para que suministre la guía de este proceso, si el manual del operador no especifica la forma de limpieza y los agentes de desinfección. El uso continuado de algunas soluciones de desinfección (Ej.: 10% de hipoclorito de sodio) puede dañar el rotor y otros componentes de la centrifuga; asegúrese que tales soluciones pueden ser rebajadas con agua).
- Revisar y anotar la exactitud del contador de tiempo mensualmente.
- Revisar y anotar la exactitud del contador de velocidad (rpm) mensualmente (para uso crítico) o trimestralmente (para uso normal).
- Revisar y anotar mensualmente la lectura dada por un tacómetro incorporado.

**Aparatos de prueba:**

- Llave para apretar las tuercas del rotor.
- Equipo analizador de seguridad eléctrica.
- Medidor de aislamiento a tierra.
- Cronometro.
- Termómetro electrónico con exactitud a 0.5°C (solo para unidades refrigeradas).
- tacómetro o foto tacómetro.

**Seguridad y precauciones especiales:**

- Revisar con el personal del laboratorio antes de desarrollar cualquier mantenimiento o mandar la centrifuga al fabricante para ser reparada, que esta este adecuadamente descontaminada. Una centrifuga debería estar vaciada del todo antes que se a vaya realizar cualquier inspección (cristales rotos se podrían encontrar dentro, y estos estar contaminados con sangre. además de poder existir sangre visible localizada sobre o dentro de la centrifuga).
- Tener cuidado de no tocar un rotor que este girando si existe un fallo interno, ni trabajar sobre el equipo con la tapa abierta. Nunca intentar pasar el movimiento de un rotor con las manos o con un instrumento o herramienta.
- Asegurarse que los tubos de la centrifuga están adecuadamente equilibrados y que la velocidad y la longitud de los tubos están en concordancias con las recomendaciones dadas por el fabricante sobre los tipos de tubos aptos para esa centrifuga.
- Si se usa un rotor con cubetas de balanceo, asegurarse que los tubos están clocados de acuerdo con las instrucciones del fabricante; los tubos largos (Ej.: 100mm) colocados en los alojamientos internos mas próximos al eje del rotor probablemente se romperán cuando el rotor haga que se balanceen las cubetas debido a la fuerza centrifuga.
- Siempre se han de seguir las precauciones universales sobre centrifugación de sangre o fluidos corporales. Estas precauciones incluyen llevar guantes, mascarillas de protección, trajes o batas de laboratorio y delantales de plástico.
- Antes de comenzar la inspección de un equipo, leer cuidadosamente este procedimiento de trabajo, las instrucciones del fabricante y el manual de uso. Estar seguro que se entiende como funciona el equipo y el significado de cada mando de control y los indicadores. También determinar si hay alguna inspección o proceso de mantenimiento preventivo sugerido por el fabricante.
- Si se detecta fallo en un equipo, este deberá ser reparado o reemplazado antes de hacer la revisión del mantenimiento preventivo.

**Prueba de inspección y funcionamiento**

- **Chasis**. Examinar el exterior del equipo, la limpieza y las condiciones físicas generales. Estar seguro que la carcasa este intacta, que todos los accesorios estén presentes y firmes, y que no hay señales de líquidos derramados u otros abusos serios.
- **Montajes y apoyos.** Si el equipo esta montado sobre un superficie (Ej.: mesa, mueble, etc.) o reposa sobre una estantería, revisar la integridad de la misma.
- **Enchufe de red y Base de desenchufe.** Examinar si esta dañado el enchufe de red. Mover las clavijas para determinar si son seguras. Examinar el enchufe y su base para determinar que no falla ningún tornillo, que no esta el plástico roto y que no hay indicios de peligro.

- **Cable de red.** Inspeccionar el cordón por si existe la posibilidad de daños. Si el cordón esta dañado reemplazarlo por uno nuevo. Si el daño esta cerca del principio o del final cortar el cable por la parte defectuosa, sanearlo y montarlo estando seguro que se conecta con la polaridad correcta.
- **Amarres contra tirones.** Si el cable de red debe estar amarrado al equipo y este no lo esta porque lo ha soltado el usuario, sujetar el cable al equipo para que el cable de red no pueda ser fácilmente movido. Examinar los amarres contra tirones a ambos lados de los extremos del cable de red. Estar seguro que ellos agarran el cordón con seguridad.
- **Interruptores y fusibles.** Si el equipo tiene un interruptor de corriente, revisarlo y ver que se mueve con facilidad. Si el equipo esta protegido por un fusible externo, revisar su valor y modelo de acuerdo con la placa de características colocadas sobre el chasis, y asegurarse que existe uno de repuesto.
- **Controles y teclas.** Antes de mover cualquier mando de control considerar de un uso clínico inapropiado o de un incipiente fallo del equipo. Grabar la posición de estos controles para volver a colocarlos en su posición al terminar la inspección.

  Examinar las condiciones físicas de todos los controles y teclas, que su montaje es seguro y sus movimientos correctos. Revisar que los mandos de control no han resbalado sobre sus ejes. En aquellos controles donde el programa debería pasar en algún límite fijado, revisar que lo hacen y que lo hacen en el punto correcto. Revisar las teclas de membrana de daños (Ej.: uñas, marcas de bolígrafo, etc.). Durante el curso de esta inspección, asegurarse de mirar todas las teclas y mandos de control, y que todos funcionan de acuerdo con su función.

- **Motor, Rotor y Bomba**. Revisar las condiciones físicas y el correcto funcionamiento de estos componentes. Revisar las escobillas, rodamientos y el bobinado del motor. Revisar las condiciones de las juntas de estanqueidad, de cierre y de hermeticidad. Revisar que el rotor pueda balancearse y que pueda girar sobre rodamientos, revisar el dispositivo se sujeción del rotor contra la tirantez y el excesivo desgaste. (nota: si se usa una centrifuga de ultra velocidad seguir el programa del fabricante sobre el deterioro del rotor. Esto debería estar descrito en el manual técnico).
  Limpiar y lubricar los componentes como es requerido y anotar en la hoja de protocolos la forma de la inspección (aunque no se debe rellenar este apartado hasta que no se hayan realizado todos los puntos de limpieza y lubricación). Si una centrifuga tiene una bomba de vacío, revisar sus condiciones y desarrollar su mantenimiento de acuerdo con las especificaciones del fabricante).

- **Indicadores y displays**. Durante el curso de la inspección confirmar el funcionamiento de todas las luces, indicadores, medidores, galgas y displays de visualización de la unidad. Estar seguros que todos los segmentos de un display digital se iluminan y funcionan adecuadamente.

- **Alarmas y dispositivos para cortar la corriente.** Provocar situaciones de alarma y verificar que todas las alarmas se activan. Las unidades refrigeradas deberían indicar cuando la unidad esta a la temperatura apropiada. Revisar el mecanismo de seguridad de cierre de puerta (o tapa) “Interlock, que no se ha gastado que enclava la puerta con seguridad. El Interlock debería también parar al motor cuando la tapa o (puerta) esta abierta o asegurar que la tapa se mantiene cerrada hasta que el rotor se haya parado. La centrifuga no debería comenzar a funcionar con la tapa abierta. Si la puerta puede ser

abierta con el rotor girando a alta velocidad, revisar que esta visible la correspondiente etiqueta indicadora, advirtiendo al operador de no abrir la tapa de la centrifuga durante esta operación. Si la tapa puede ser abierta mientras el rotor de la centrifuga gira a baja velocidad, las cubetas y el rotor deberían tener una tapa de protección interna. Reemplazar o modificar cualquier centrifuga que carezca de un sistema de enclavamiento de puerta o tapa. ¡No usar centrifugas que carezcan de puerta o tapa!

- **Señales audibles.** Operar con el equipo para que se active alguna señal audible. Confirmar si el volumen es el apropiado y, que funciona el control de volumen, si lo tiene.
- **Etiquetado**. Inspeccionar que estén todas las placas de características, etiquetas de advertencia, caracteres de conversión, tarjetas de instrucciones. Que todas ellas estén presentes y legibles.

- **Accesorios.** Confirmar la presencia y las condiciones de los accesorios (Ej.: probar las cubetas, los alojamientos de los tubos). Chequear que cada alojamiento tiene un amortiguamiento. Si existe una tapa protectora para las cubetas o el rotor (tapa de seguridad interior) ver que son las adecuadas para ese modelo de centrifuga y que por rutina se usan; también asegurarse que las tapas de protección tienen una forma ajustada que sellan y enclavan bien en la cubeta.

- **Freno**. Chequear la acción del freno mecánico o eléctrico. Cuando se aplica el freno (Ej.: pulsando el botón de Stop), la centrifuga debería de desacelerar tranquilamente.

**Prueba cuantitativa**

- **Prueba de seguridad eléctrica.** Se procede de acuerdo con el procedimiento especial descrito para este efecto.

- **Exactitud de temperatura.** Chequear el control de temperatura en las centrifugas refrigeradas usando un termómetro electrónico.
  Colocar la sonda del termómetro en el cuenco de la centrifuga cerca del sensor de control automático de temperatura. (Referirse a las especificaciones del fabricante para determinar donde esta localizado el sensor de control de temperatura). Cerrar la centrifuga, sellando la junta de estanqueidad sobre el cable del termómetro electrónico en cada programación de temperatura. Las lecturas no deberían diferir más allá de ± 3°C.

- **Exactitud de tiempo.** Chequear el tiempo con un cronometro. Una centrifuga no debería variar mas de un ±10% el tiempo medido con respecto al programado. Dependiendo si se usan varios estados de regulación, este valor puede ser necesario escribirlo sobre la etiqueta de inspección (para observar si existe algún indicio de comportamiento irregular).

- **Exactitud de velocidad.** Determinar el rango de velocidades a las cuales la centrifuga es usada con una carga normal (Ej.: con el número de contenedores normales llenados). Programar la centrifuga con dos o tres velocidades y verificar que se cumplan esas velocidades usando un tacómetro.

Si una maquina tiene una cubierta opaca, referirse al manual técnico del fabricante para ver el modo de chequeo de la exactitud de velocidad. (nota: un tacómetro de vibración de laminas puede ser usado con la mayoría de las centrifugas con cubiertas opacas). La velocidad medida no debería variar mas de un ±10% de la velocidad que es indicada por la maquina. (Notas si las escobillas han sido cambiadas y bien colocadas, chequear las velocidades a distintas programaciones).

**Mantenimiento Preventivo**

- **Limpieza exterior.** Mantener el equipo limpio tanto exteriormente como interiormente.
- **Lubricación.** Desarrollar la lubricación de componentes según las instrucciones del fabricante.
- **Sustitución de escobillas, freno, junta de estanqueidad y de cierre**. Si es necesario cambiar algunos de estos componentes referirse al manual técnico del fabricante.
- **Grupo de frío**. Debido a que muchas centrifugas han de funcionar con condiciones de temperatura determinadas, el sistema de enfriamiento debe mantenerse en buenas condiciones. Habrá que limpiar el polvo del radiador del evaporador, mantener el nivel adecuado del líquido refrigerante, etc.
- **Placas electrónicas y conectores**. Por ser la acumulación de suciedad en las placas causa de muchas averías, estas deben mantenerse limpias; de la misma forma, asegurarse que todos sus conectores están a ellas bien conectados.

**Prueba de aceptación**

- **Seguridades de puerta.** Todas las centrifugas nuevas deberían tener una puerta o tapa con un sistema de cierre de seguridad que la prevenga de ser abierta mientras el rotor esta girando a alta velocidad.
  Comprar únicamente aquellas centrifugas en las cuales el rotor se detiene completamente antes que la tapa pueda ser abierta y/o aquellos equipos que tienen una capa protectora para las cubetas o sea una tapa protectora interna para el rotor. En aquellas unidades que habiendo sido compradas se permite que la tapa o la puerta sean abiertas a baja velocidad deberían tener una tapa interna.
- **Seguridad de desbalance.** Muchas centrifugas modernas disponen de dispositivos para detectar el equilibrio del eje del rotor, por tanto, al ser otro elemento de seguridad, será bueno disponer, si es posible, de este tipo de centrifugas.

## 3.10 Presión arterial

**Figura 3.10.1**
**"Tensiómetro"**

Las medidas de la presión arterial es un tema de los más importantes en medicina ya que las presiones arteriales anormales pueden causar enfermedades que se pueden prevenir con un tratamiento. Por lo tanto, la presión arterial es de las medidas que se toman con más frecuencia en la práctica médica y en los estudios fisiológicos.
La presión arterial se define como la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos y se mide en milímetros de mercurio (mmhg) por encima de la presión atmosférica. La presión arterial es la

presión lateral (o fuerza ejercida por la sangre por unidad de área) es la presión en la pared arterial, y cambia constantemente en el curso del ciclo cardiaco. La presión mas alta en este ciclo es la presión “sistólica” la cual se produce por una concentración del corazón, la presión mas baja es la “Diastólica” la cual es la presión entre los latidos del corazón. Una presión sanguínea típica se expresa de la siguiente manera; 120/80 mmhg; en donde 120 es la presión sistólica y 80 es la presión diastólica.

La presión sanguínea se puede medir directamente a través de un transductor y monitor o indirectamente. El método directo utiliza una sonda (catéter) de presión el cual se inserta directamente en el vaso sanguíneo o en la cavidad del corazón. A su vez el catéter se conecta a una columna hidrostática de líquido o por medio del transductor a un aparato especial de medición; la señal es presentada en el monitor cardiaco en forma de onda o lectura digital. Este método de medición puede ser muy riesgoso y doloroso para el paciente. El método indirecto no requiere penetración en el cuerpo, y por lo tanto, es más seguro y sin dolor.
Aunque la técnica de medir la presión en forma indirecta es en general una practica de uso clínico, sin embargo, esta sujeta a errores entre un 5 a 10%. En la mayoría de los casos, sin embargo, este error es insignificante al tomar decisiones normales, por lo tanto la técnica sigue existiendo.
Pero hay métodos para reducir este error a un valor bajo sin recurrir a métodos directos. Una técnica es la de usar un método llamado “Doppler” o sea un estetoscopio electrónico (tipo ultrasónico). Estos instrumentos detectan el movimiento de la pared arterial e interpolan esta actividad en la medición de la presión sanguínea.
El problema principal con los métodos de medición indirectos es que ellos no son adecuados para uso por largo tiempo y continuo monitoreo, como seria deseable en una sala de operación o unidad de cuidados intensivos.

## 3.11 El tensiómetro

El tensiómetro es un aparato medico que se utiliza para detectar la presión arterial en el ser humano. Este aparato mide la presión sanguínea balanceando la presión de la arteria contra la presión del aire.
Aunque existen varias marcas y estilos de tensiómetros en el mercado todos estos funcionen a través de este mismo principio.
El tensiómetro también es conocido por varios otros nombres: dos de estos son el “manómetro” y el “Esfigmomanómetro”. Estos nombres son compuestos de formas combinadas de sufijos y prefijos. Como se explica a continuación:

- **Tensión:** es parte de la palabra tensión que significa presión, fuerza, compresión, potencia.
- **Mano:** es un prefijo (griego) que significa delgado, liviano como lo son el aire y los gases.
- **Esfigmo:** es un prefijo (griego) que significa “pulso”.
- **Metro:** es una palabra (griega) que significa instrumento para “medir”.

## 3.12 Las partes del tensiómetro

Como lo indica la figura 3.12.1, el tensiómetro consiste de las siguientes partes:

- Manga inflable
- Bulbo de goma
- válvula control de aire

- Mangueras
- Medidor (metro)
- Reservorio de mercurio (solo en tensiómetros de mercurio)

Una parte muy integral del tensiómetro es el estetoscopio. Este equipo no esta conectado al tensiómetro pero se utiliza en conjunto con el, para oír los sonidos sanguíneos.

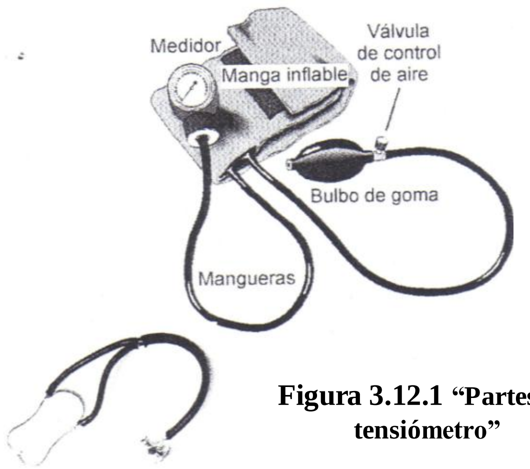



**Figura 3.12.1** **"Partes del tensiómetro"**

### 3.13 Funcionamiento del tensiómetro

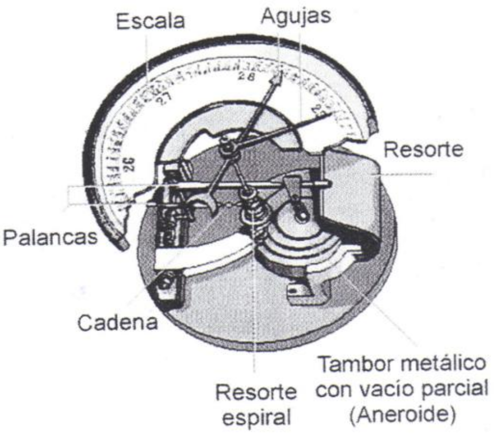



**Figura 3.13.1** **"Partes del tensiómetro"**

La manga inflable se envuelve alrededor de la parte superior del brazo izquierdo (o derecho), y una vez que este conectado al medidor, es inflado por medio de la bomba (bulbo de goma) hasta que el flujo sanguíneo de la arteria queda totalmente ocluido. La presión es determinada utilizando el estetoscopio que se coloca en la parte inferior del brazo. A medida que se va soltando el aire en forma lenta la presión arterial excede la presión de la manga inflable y por medio del estetoscopio se oye un sonido de renovación del flujo sanguíneo conocido como sonido "korotkoff".

Al escuchar este primer sonido muy distinto, se lee en la escala del manómetro la presión correspondiente a dicho sonido (normalmente 120mmhg). Este sonido arterial, se registra como la presión "sistólica". De manera que la presión de la manga se va reduciendo, los sonidos aumentan intensamente hasta que la manga queda casi desinflada, luego la arteria no esta presionada y el flujo sanguíneo vuelve a su curso normal. En este punto los sonidos korotkoff dejan de oírse. Antes que el sonido korotkoff desaparezca por completo o sea cuando se escucha el ultimo sonido en este instante se registra la presión "diastólica" (normalmente 80mmhg).

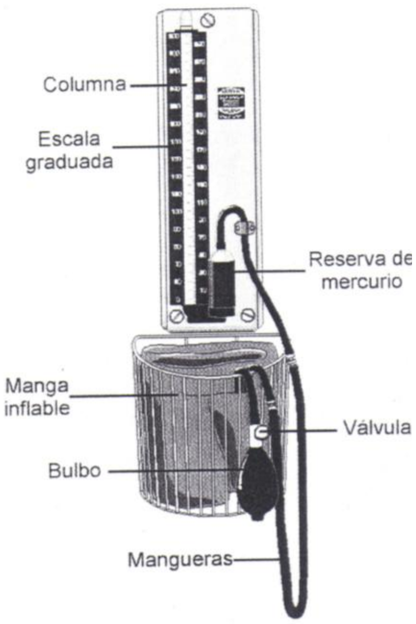
La técnica del tensiómetro es un método simple de auscultación, es decir, depende en el operador que pueda reconocer cuando aparecen y desaparecen los sonidos Korotkoff y correlacionarlas con la escala del medidor.

### 3.14 Funcionamiento interno del tensiómetro

Como se explico anteriormente, aunque existen varias marcas y estilos de tensiómetros el propósito es el mismo medir la presión sanguínea. Sin embargo, el mecanismo interno que emplea el tensiómetro varía entre dos tipos, uno es el tipo "Aneroide" y el otro es el tipo "Mercurio".

Ambos dan los mismos resultados cuando se mide la presión arterial (asumiendo que se encuentra en buen estado de calibración).

El tensiómetro tipo aneroide (ver figura) compara la presión interna del aneroide contra la presión de la atmosfera. Al inflar la manga se infla a la misma vez el aneroide, causando el movimiento de




la aguja del medidor que este conectado al aneroide por el medio de un engranaje tipo vector. La aguja entonces corresponderá al valor de presión
Que la manga fue inflada (generalmente 150 a 300mmhg). El tensiómetro tipo mercurio compara la presión aplicada a la manga y al reservorio, contra la gravedad como cierta cantidad de mercurio ejerce cierto peso hacia la tierra por razón de gravedad, la presión aplicada al reservorio de mercurio sobrepone al mercurio forzándolo a subir la columna que esta incrementada con números de 0 a 300 mmhg.

**Figura 3.14.1**
**"Funcionamiento interno de un tensiómetro"**

## 3.15 Reparaciones y servicio

### Fugas de aire

Para efectuar reparaciones de fugas de aire en el sistema tensiómetro es necesario inflar la manga siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

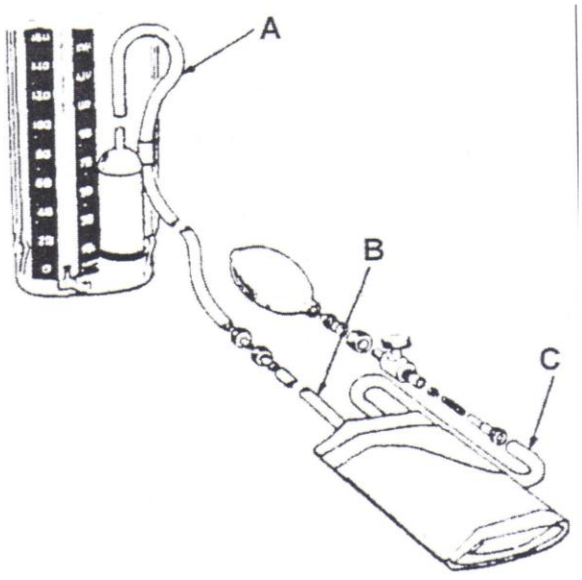



**Figura 3.15.1 "Método para detectar fugas de aire"**

- Infle la manga hasta que el medidor lea 250 mmhg y lentamente reduzca el valor a 200 mmhg.
- Cierre la válvula y observe el valor del medidor. Si la leyenda baja rápido la fuga de aire es grande. Si la leyenda baja muy lentamente la fuga de aire es muy pequeña. Nota: cuando la fuga es muy pequeña unas veces es necesario observar el medidor por varias horas, hasta 24 horas en unos casos.
- Al observar una fuga proceda sistemáticamente a oprimir la manga utilizando un hemostato. Aplique el hemostato en los puntos A, B, C, tal como lo indica la figura 3.15.1. **Nota:** este procedimiento puede aplicarse a ambos tensiómetros, el de aire o mercurio.
- Revise la condición de las mangueras y observe si existen roturas, cortaduras o poros. En tal caso reemplace las que se encuentran dañadas.
- Al observar una fuga en el sistema, proceda a revisar la tubería y la manga por roturas, cortaduras o poros en la goma. En tal caso reemplace lo que se encuentre dañado. Observe también los ajustes entre las mangueras, bulbo, manga, reservorio de mercurio etc. En cualquier caso, estos ajustes usualmente no son reparables y deben ser reemplazados.

## Reemplazo de goma inflable

Para reemplazar la goma inflable siga los pasos a continuación:

- Encuentre tres aberturas en la parte superior de la cobertura de trapo. Una grande y dos pequeñas.
- Ensamble la goma inflable sobre la parte superior de la cobertura de trapo.
- Inserte las dos mangueras por las aberturas pequeñas hacia fuera de la cobertura.
- Enrolle la goma inflable de punta a punta e insértela en la abertura grande de la cobertura.
- Una vez que la goma inflable este dentro de la cobertura proceda a desenrollarla y acomodarla de esquina a esquina. A la vez, estire las mangueras por las aberturas pequeñas.

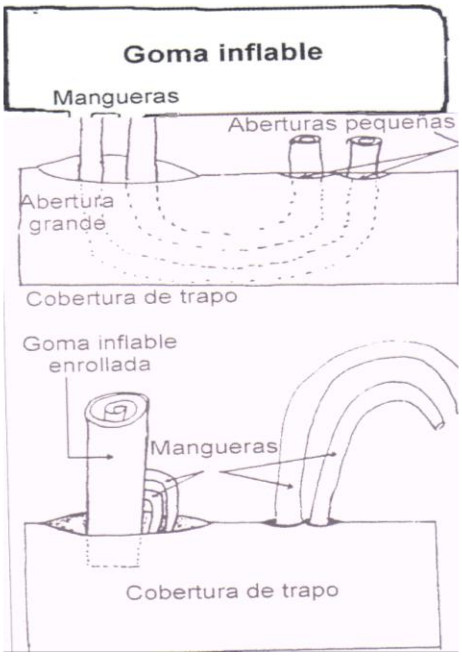



**Figura 3.15.2 "Reemplazo de goma inflable"**

## Reemplazo del bulbo (pera)

Inspeccione el bulbo asegurándose que no tenga cortadas, poros o que la goma no este débil. De lo contario, reemplácela ya que no es reparable. Para reemplazar siga los siguientes paso a continuación:

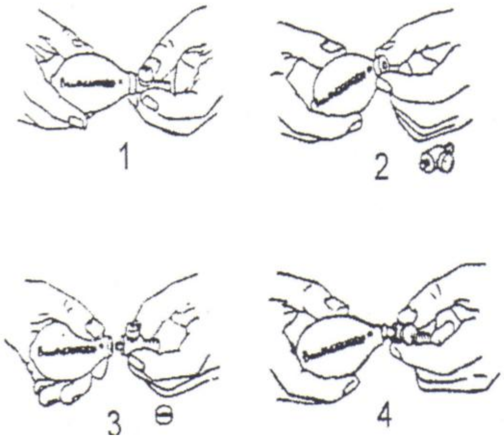



**Figura 3.15.3 "Pasos para reemplazar el tubo"**

- Remueva la válvula de control de aire, destornillándola del bulbo. Diríjase al paso 1 de la figura.
- Remueva el collar metálico protector que se encuentra conectado al bulbo, tal como lo indica el paso 2.
- Inserte nuevamente la válvula de control de aire sin el collar protector metálico. Vea el paso 3.
- Utilizando la válvula de control de aire sin el collar saque el adaptador que se encuentra dentro del

cuello del bulbo. Vea el paso 4.

- o Para instalar el bulbo nuevo proceda a seguir lo inverso de los pasos anteriormente descritos o sea empiece con los pasos 4, 3, 2 y 1.

**Reparación o limpieza de la válvula de control de aire**

Generalmente cuando se daña la válvula de control de aire, esta se reemplaza, pero en ciertos casos es necesario repararla. Para esto siga los pasos a continuación:

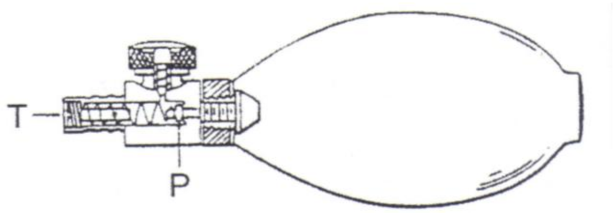



**Figura 3.15.4 "válvula de control de aire"**

- o Desconecte la válvula y el bulbo de la manguera.
- o Con precaución remueva el tornillo pequeño que se encuentra dentro de la válvula (vea la letra "T" en la figura 3.15.4).
- o Si el resorte o la punta "P" de la válvula se encuentran dañadas reemplácela, de lo contrario simplemente se limpia la válvula y sus partes.

**Reparación de fugas de mercurio**

**Advertencia:** el manejo continuo de mercurio es peligroso. Tome precauciones al trabajar con el, utilice guantes de goma y evite el contacto con la piel y la inhalación de sus vapores. Todas las reparaciones deberán ser en un área especialmente designada para este propósito, con un ambiente adecuado de ventilación.

Determine si existe fuga de mercurio siguiendo los pasos a continuación:

- o Enrolle la manga inflable y amárrela para que no se desenrolle al inflarla.
- o Después de ser inflada sobrepasando sus límites observe si se encuentran globos de mercurio alrededor del reservorio y sus componentes o de la copa "tornillo moleteado".
- o Si existe una fuga de mercurio proceda a reemplazar los empaques que tienen los componentes indicados en la figura.

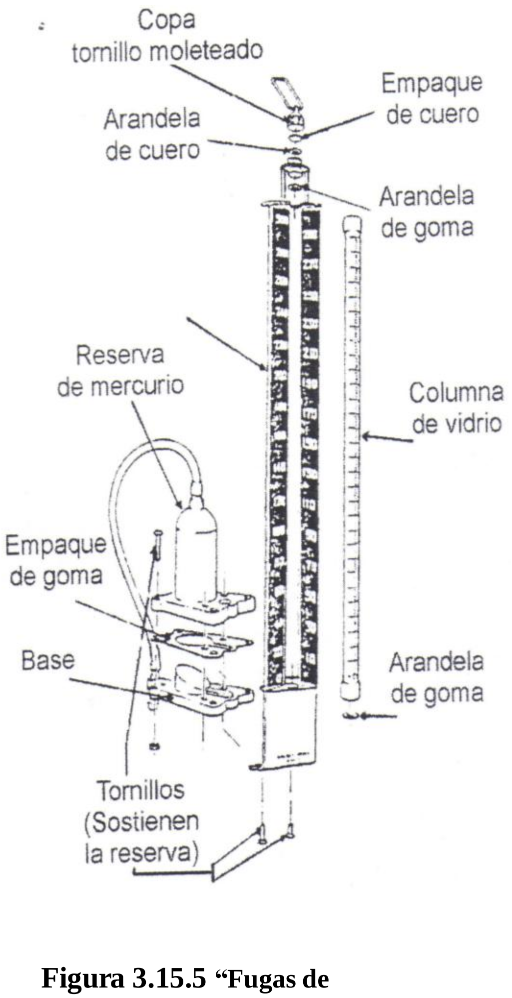
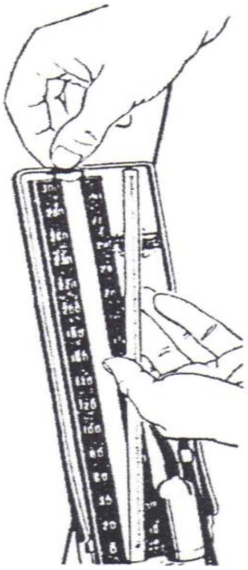



**Figura 3.15.5 "Fugas de mercurio"**

## Reemplazo de la columna de vidrio



Si la columna de vidrio requiera reemplazo siga los siguientes pasos:

- Ponga el medidor de lado colocado con la reserva de mercurio hacia abajo (Ver figura 3.15.6).
- Mueva la palanca hacia atrás empujando con el pulgar derecho.
- Proceda a remover la columna de vidrio y reemplazarla con la nueva, asegurando que las marcas de graduación estén de frente.

**Figura 3.15.6 "Reemplazo de la columna de vidrio"**

## Limpieza del mercurio

En ciertos casos, cuando el mercurio se encuentra muy sucio, es necesario limpiarlo. Esto se logra de la manera como se explica a continuación:

- Desatornille la copa moleteada que se encuentra arriba del medidor.
- Con mucha precaución gire el medidor hacia un lado y vierta el mercurio en un vaso de vidrio (ver figura 3.15.6) moviendo el medidor con el fin de sacar todo el mercurio de la reserva.
- Utilizando un pedazo de papel blanco forme un cono con un orificio pequeño.
- Vierta el mercurio en otro vaso de vidrio limpio, pasándolo por el cono de papel. Las impurezas del mercurio no pasaran por el pequeño orificio del cono.

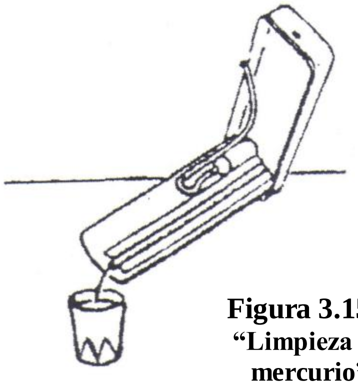


**Figura 3.15.6 "Limpieza de mercurio"**

- Después de limpiar el mercurio se limpia la columna graduada y el reservorio. También en esta ocasión si es necesario, se reemplazan los empaques del sistema medidor.

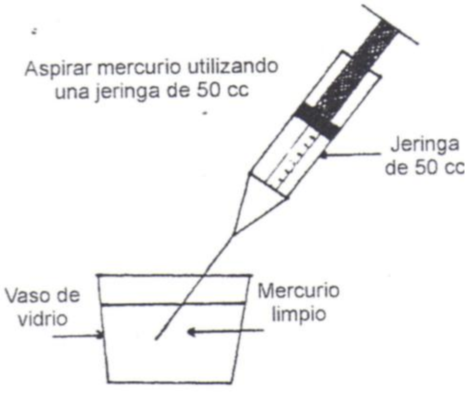



**Figura 3.15.7 "Reservorio de mercurio"**

**Nota:** en caso que se haya derramado mercurio recójalo con una aspiradora equipada con un recipiente especial para este caso.

## ¿Cómo llenar el reservorio de mercurio?

Después que el mercurio se limpia y/o se efectúan las reparaciones en el medidor se rellena la reserva de mercurio. Esto se logra de la manera que se detalla a continuación:

- Utilice una jeringa de 50 CC y colóquela en el vaso de vidrio donde se encuentra el mercurio ya limpio y proceda a aspirar el mercurio.
- Proceda a aspirar aproximadamente 25 CC de mercurio a la vez y transpórtelos a la columna de vidrio del medidor. **Precaución** siempre mantenga la jeringa con la aguja hacia arriba el transportar el mercurio, para evitar que el mercurio se escape de la jeringa debido a que es muy pesado.
- Después de haber removido el tornillo moleteado proceda a inyectar el contenido de mercurio en la columna de vidrio. (vea la figura 3.15.7) llene la columna hasta la marca indicada con un cero.
- En caso de que llene la columna mas arriba de la marca cero se puede retirar el exceso de la siguiente manera:
  - Utilizando la misma jeringa de 50 CC, coloque un tubo flexible de diámetro suficientemente pequeño para que entre la aguja en el.
  - Corte un tamaño de tubo de aproximadamente 30 cm de largo (vea la figura).
  - Inserte el tubo en la columna de vidrio sumergiéndolo en el mercurio y aspire la cantidad necesaria para que el nivel del mercurio este en la marca cero.

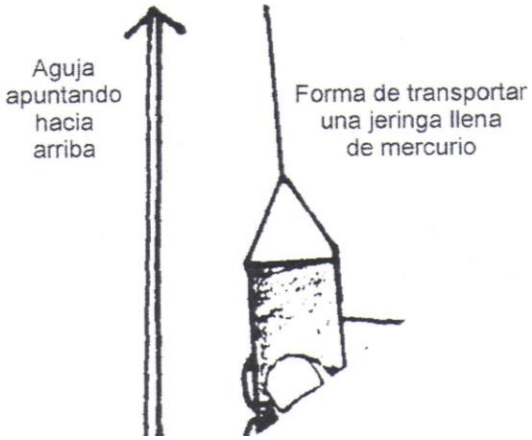



**Figura 3.15.8 "Forma de transportar el mercurio"**

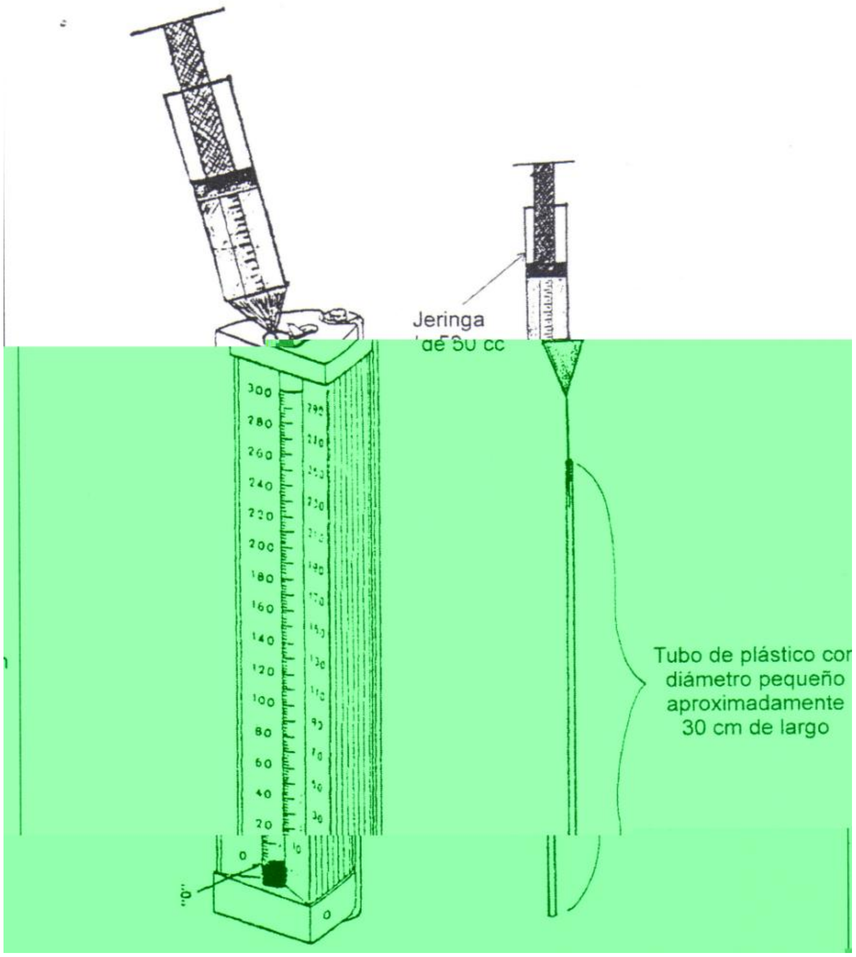



**Figura 3.15.7 "Llenado del reservorio de mercurio"**

## 3.16 Esterilizadores

Los esterilizadores se usan en la profesión médica para matar gérmenes existentes en herramientas médicas como bisturís, pinzas, instrumentos de examen, guantes, vendajes y frascos para guardar soluciones salinas y glucosas.
Esta función se realiza en una atmosfera controlada que puede ser de vapor efectivo, de intenso calor seco, o gas esterilizante. Cada uno de dichos medios requiere una temperatura controlada y un periodo suficiente para hacer el trabajo. Además de la temperatura y el tiempo, la esterilización se halla grandemente afectada por otras consideraciones, tales como: si la envoltura del material a ser esterilizado esta abierto o cerrado, si este material esta suelto o bien empacado, o si los instrumentos están al descubierto en una bandeja.

**Figura 3.16.1**
**"Esterilizadores"**

**Esterilizadores de diferentes categorías**

**Los hervidores:** o esterilizadores a ebullición exponen los instrumentos a 212 F en un ambiente de vapor expuesto al aire libre. Estos se emplean para esterilizar herramientas dentales u otros instrumentos menores que no sean para inserciones subcutáneas.

**Esterilizadores a presión de vapor:** los esterilizadores que operan a presión de vapor y temperatura elevadas frecuentemente reciben el nombre de autoclaves. Estos operan a temperaturas que exceden los 212 F y a presiones que dentro de la cámara alcanzan niveles de 30 LPC (libras por pulgada cuadrada) o más.

**Esterilizadores de dos cámaras:** para describir el esterilizador de dos cámaras diríjase a la figura 3.16.2, hay un reservorio de agua de una válvula (No.1) que se utiliza para llenar la cámara externa. La cámara externa esta equipada con un dispositivo (No.2) que indica cuando ha pasado suficiente agua a la cámara externa. A su vez tiene una válvula (No.3) que se dirige a la cámara interna.

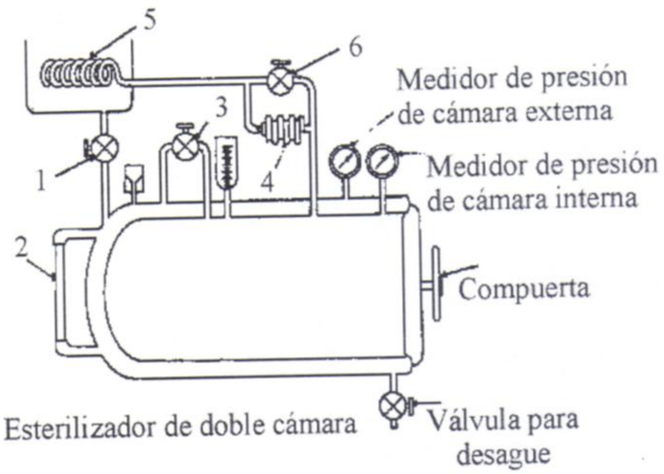



**Figura 3.16.2 "Esterilizador de dos cámaras"**

La cámara interna esta equipada con una válvula (No.4) tipo "fuelle" para asegurar que todo el aire atrapado en ella sea expulsado de la autoclave. Esta válvula fuelle se puede decir que es el corazón de la autoclave, porque si hay aire atrapado en la cámara interior nunca podrá realizarse la esterilización completa. La válvula esta construida con un diafragma tipo acordeón que tiene unas gotas de alcohol en su interior. Cuando el vapor efectivo toca la válvula se expande y sella la cámara interna para evitar que siga escapando más el vapor. Por lo tanto cuando la temperatura se eleva en la cámara interna de la autoclave y el vapor comienza a generar presión y fuerza, el aire y cierta cantidad de vapor empieza a salir a través de un orificio ubicado en la válvula fuelle.

Una vez que se ha generado suficiente vapor para calentar la cámara el fuelle en si, cierra el escape.
La cámara interna tiene escape hacia el reservorio, generalmente a través de una tubería (No.5) de *serpentín, (esta tubería similar a la de un aparato de destilación), de tal suerte que el vapor que fluye desde la cámara interna hacia el reservorio sea convertido en agua. Lo que queda de vapor se elimina bajo en el agua en el reservorio, para que no haya escape excesivo de vapor en el cuarto donde se encuentra el esterilizador.
*esta tubería es similar a la de un aparato de destilación.
La válvula (No.6) se utiliza manualmente para el escape del vapor de la cámara interna.

### 3.17 Esterilizadores de una sola cámara

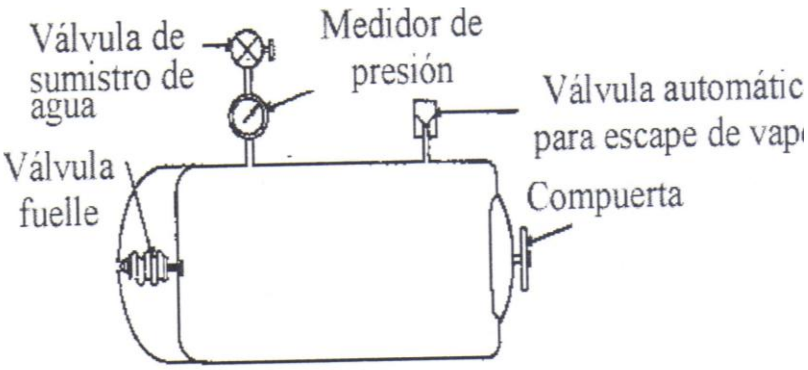



**Figura 3.17.1 "Esterilizador de cámara simple"**

La autoclave de una sola cámara difiere del de dos cámaras en que el agua de la fuente alimentadora pasa directamente a la cámara sencilla donde el agua es observada por el operador. El nivel a llenarse es indicado por una marca ubicada dentro de la cámara. Tiene la ventaja de ser más simple. Frecuentemente el tiempo de calentamiento es menor durante la carga inicial.
Sin embargo el trabajo múltiple de esterilización no puede realizarse tan rápidamente en la cámara sencilla debido a que el agua caliente y el vapor no pueden almacenarse entre cargas lo que si se puede en la que esta equipada con dos cámaras y su sistema de válvulas.

### 3.18 Esterilización en seco

Los esterilizadores en seco son de una sola cámara y mas simples ya que no precisan de agua o gas. Sin embargo, se hallan limitadas en aplicación porque la esterilización debe hacerse a temperaturas sumamente elevadas durante prolongados periodos de tiempo. Desafortunadamente tan elevadas destruyen el plástico, guantes de goma, catéteres de goma y otras tantas cosas. Los esterilizadores para la esterilización en seco son dispositivos eléctricamente simples, tienen un alambre de Nicromo como elemento para calentar en serie con un interruptor de encendido/apagado, un interruptor controlado por termostato, un relevador de sobre calentamiento, y un interruptor controlado por cronometro.

### 3.19 Esterilización por gas

Este género de esterilización constituye uno de los mejores métodos para esterilizar materiales sensibles al calor o a la humedad. Pueden esterilizarse sin daño alguno equipos tales como óptica de fibra delicada, instrumentos termo sensibles y artículos de goma y plástico que son de uso frecuente y de fácil adquisición, al igual que los equipos no sumergibles cual es el caso del equipo

eléctrico. Además, la esterilización por medio del gas de oxido de etileno permite empaquetar o embalar material antes de su esterilización manteniendo su esterilización por largo tiempo. Existen variados modelos y tipos de esterilizadores de gas en el mercado. La mayoría funcionan con muy baja temperatura (85-145 °F) más unos con temperatura ambiental. Igualmente, el funcionamiento y uso de gases también varia, unos contiene circuitos electrónicos para la fase de ciclo y otros simplemente cronómetros mecánicos. Los gases a utilizarse también varían siendo el más común, oxido de etileno.
Es importante notar que los artículos esterilizados con gas, pueden producir efectos alérgicos si están en contacto directo con el paciente, especialmente durante periodos prolongados. Estos artículos así esterilizados pueden igualmente producir efectos alérgicos a quien, en proceso de utilización los maneje. Por tal razón se requiere un periodo de aireación, especialmente cuando se trata de materiales de superficie porosa.
En un cuarto normalmente ventilado, esto puede requerir varios días, mientras que si usamos un gabinete de aireación se puede reducir este tiempo, de varios días a unas cuantas horas.
Además, los artículos a ser esterilizados mediante este método deben estar relativamente secos; esto puede lograse manualmente o empleando un ventilador eléctrico o utilizando el gabinete de aireación.
La sección del gabinete contiene el indicador de nivel de agua, la placa que permite el acceso del agua al reservorio, y el botón pulsador para reinstaurar el ciclo de esterilización.

- Siempre se utiliza agua destilada para este propósito.

**Advertencia:** estas unidades están sujetas a posibles riesgos de quemaduras por vapor o por sus partes metálicas calientes. Se recomienda tener gran precaución al utilizarse o prestar servicio a este equipo. Igualmente, este tipo de esterilizador no debe ser utilizado en sitios donde se utilizan gases anestésicos por temor a explosiones causadas por chispas emitidas por el equipo.

## 3.20 Componentes comunes de un esterilizador

Usualmente los esterilizadores de mesa tienen los siguientes componentes:

- Indicador de temperatura.
- Indicador de presión de vapor (estos dos indicadores usualmente se encuentran unidos compartiendo la aguja de medir).
- Dos resistencias de calefacción para producir el vapor.
- Un control graduado de temperatura.
- Un control cronométrico.

El esterilizador de gas debe siempre ser considerado como un componente dentro de un sistema.

## 3.21 Generalidades de un esterilizador pequeño de vapor

El esterilizador pequeño de mesa tiene un gabinete acabado de acero inoxidable, reservorio de agua, cámara de vapor y un tipo de puerta con cerradura de escote. El gabinete esta dotado de paneles o cubiertas desmontables, lo que es fácil para remover, para su acceso rápido al interior. La cámara es de acero inoxidable y es una sola coraza que contiene una rejilla de dos hileras con dos bandejas perforadas de acero inoxidable, la puerta de la cámara es, para mayor seguridad, con

cierre de escote; es auto sellante y tiene un empaque de goma de Silicon para aguantar altas temperaturas.
La puerta tiene seis pasadores con interruptor de traba incorporado dentro del reborde para asegurar que la puerta quede bien sellada al momento de iniciar el ciclo. La manija de la puerta no opera durante el ciclo, esto para evitar que sea abierta durante el periodo de esterilización.

La sección superior del equipo tiene los controles de operación y la abertura por la que se llena el *reservorio.

- Luces de encendido/apagado, fase de "esterilización", equipo "listo" para funcionar y luz de "enfriamiento".
- Pulsador para iniciar nuevamente el ciclo.
- Interruptor de encender/apagar.
- válvula fuelle control escape de vapor.

**Funcionamiento**

El funcionamiento del esterilizador es un proceso simple. El agua destilada es suministrada a la cámara por medio de gravedad mediante una válvula que permite que el agua alcance el nivel demarcado en la pared de retención de la cámara.
Cuando se activa el interruptor de energía (de encendido/apagado), las luces indicadoras de "listo" y equipo encendido se encienden y la resistencia auxiliar de 100 vatios recibe la energía para precalentar el agua de la cámara a 140°F (60°C).
Después de cerrar y asegurar la puerta se gira la perilla de control de temperatura en sentido contrario a las manecillas del reloj. A la vez se gira la perilla de control de tiempo en sentido a las manecillas del reloj. Es este punto el equipo se encuentra listo para su uso. La luz blanca de "listo" se apaga y la luz de "esterilización" se enciende.

El elemento calentador de 1350 vatios es activado y junto con el elemento calentador de 100 vatios generan el vapor requerido para la fase de esterilización. A medida que la presión se eleva en la cámara, el aire residual se escapa a través del orificio de la válvula fuelle control de escape de vapor. Al incrementar la temperatura se cierra la válvula fuelle y ya no permite más el escape de vapor.
En el punto cuando la cámara llega a la temperatura deseada la luz de "esterilización" se encuentra encendida. En este punto se gira la perilla de control de temperatura en sentido con las manecillas del reloj solamente hasta que se apaga la luz de "esterilización". Después de esto se abre la puerta lentamente y se carga la cámara con el material a ser esterilizado. Después de cerrar y asegurar la puerta se gira la perilla del cronometro en sentido a las manecillas del reloj. La temperatura y la presión del vapor continúan aumentando hasta que el nivel de ambos llega a su punto deseado (esto depende del nivel de ajuste del control de temperatura). La luz roja que indica el punto en que la "esterilización" esta en proceso oscila entre "encendido" y "apagado" por un periodo determinado el cual se ha programado con el reloj de tiempo.
Cuando se termina la fase de esterilización, la luz roja de "esterilización" se apaga y la luz ámbar que indica el proceso de "enfriamiento" se enciende y el motor ventilador arranca para acelerar el proceso de enfriamiento de la cámara. Al terminar esta fase se retira el material ya esterilizado y se enciende la luz blanca indicando que el equipo esta listo para su uso nuevamente.

### 3.22 Inicio de operación

El proceso de esterilización se lleva a cabo siguiendo los pasos indicados a continuación:

- Utilizando agua destilada proceda a llenar la cámara del esterilizador hasta la marca indicada.
- Encienda el equipo utilizando el interruptor de encender/apagar. La luz del equipo “encendido” se encenderá.
- En unos minutos la luz de equipo “listo” para funcionar se encenderá.
- Cierre y asegure la puerta del esterilizador.
- Gire y ajuste la perilla del control de temperatura en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- La luz de equipo “listo” para funcionar se apagara.
- La luz de equipo en proceso de “esterilización” se encenderá después de alcanzar la temperatura ajustada.
- La luz de equipo en proceso de esterilización se apagara cuando el reloj termine su tiempo programado.
- La luz de equipo “listo” para funcionar nuevamente se encenderá.
- Gire la perilla del control de temperatura en sentido a las manecillas del reloj solamente hasta que se apague la luz de “esterilización”.
- Proceda a llenar la cámara con material a ser esterilizado. Cierre y asegure la puerta.
- Gire la perilla del control de tiempo en sentido a las manecillas del reloj y ajuste al tiempo deseado.
- La luz del equipo en “esterilización” oscilara entre encendido y apagado.
- La luz del equipo en proceso de “esterilización” se apagara. Cuando el reloj termine su tiempo programado.
- La luz del equipo “listo” para funcionar nuevamente se encenderá.
- Gire la perilla del control de temperatura en sentido con las manecillas del reloj solamente hasta que se apague la luz de “esterilización”.
- Proceda a llenar la cámara con material a ser esterilizado. Cierre y asegure la puerta.
- Gire la perilla del control de tiempo en sentido con las manecillas del reloj y ajuste al tiempo deseado.
- La luz de equipo en “esterilización” oscilara entre encendido y apagado.
- La luz de equipo en proceso de “esterilización” se apagara cuando el reloj termine su tiempo programado.
- La luz de equipo “listo” para funcionar nuevamente se encenderá.

### 3.23 Explicación de un circuito eléctrico típico para un esterilizador de cámara simple

**Ciclo de encendido:**

El interruptor 1PB recibe energía eléctrica de la fuente; 120 C.A. del tomacorriente. El conductor G es como siempre el conductor a tierra. El conductor N es el conductor neutro y el conductor L1 es el conductor activo. Observe que este conductor también esta conectado al fusible principal del circuito, que tiene un valor de 15 amperios.

Al pulsar el interruptor 1PB la energía eléctrica se dirige hacia el interruptor 1TAS. El interruptor termostato sensible 1TAS se cierra solamente cuando la cámara tiene suficiente cantidad de agua, esto permite que conduzca corriente hacia el, elemento calentador 1HTR.

El interruptor control de tiempo 1TM normalmente se encuentra con sus contactos conectados entre los puntos 3 y 9.

La energía derivada del tomacorriente pasa por los contactos del termostato sensible 1TAS y se dirige hacia la luz blanca 1LT que indique equipo "listo" para funcionar.

Observe que la energía secundaria de 1LT traza la bobina del motor para el ventilador 2MTR pero este motor no arranca debido a la caída de tensión en el filamento del bombillo de la luz blanca. Lo mismo se puede decir de la luz 3LT.
Cuando la puerta del esterilizador es cerrada, el interruptor 1LS, ubicado en la puerta, hace contacto. El interruptor control de tiempo 1TM se gira en sentido a las manecillas del reloj. Esta acción hace que los puntos 3 y 6 hagan contacto para que la energía pueda conducirse hacia el interruptor de presión 1PS. El interruptor termostato control de temperatura 1TP se gira en sentido contrario a las manecillas del reloj y se ajusta al nivel de temperatura deseada.
Después de ser girados los interruptores 1TM y 1TP la luz roja 2LT que indica que el equipo esta en fase de "esterilización", será activada.
Igualmente, el elemento 2HTR de 1350 vatios será activado y junto con el elemento de 100 vatios podrán producir el vapor necesario para la esterilización.
La luz de "listo" 1LT se apaga al ser reactivados los contactos 3 y 9.

Cuando el indicador de presión llega al nivel deseado se gira el interruptor 1TP en sentido a las manecillas del reloj hasta que se apague la luz roja 2LT. Esta acción reactiva el elemento 2HTR.

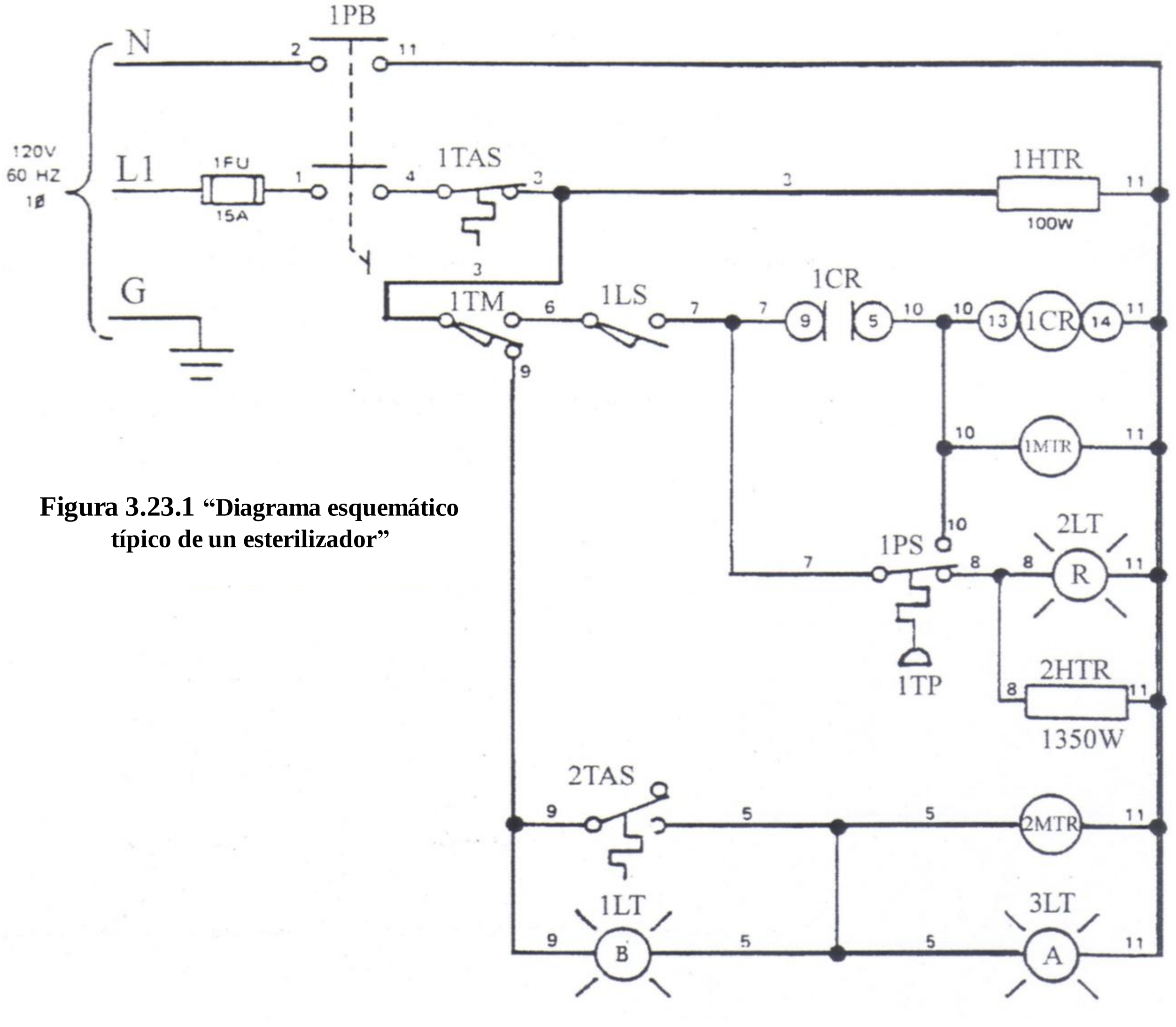



**Figura 3.23.1 "Diagrama esquemático típico de un esterilizador"**

En este momento se carga la cámara con el material a ser esterilizado.
Por motivo de haber sido reactivado el interruptor 1TP los puntos 7 y 10 de 1PS hacen contacto y esta acción inicia el motor de reloj 1MTR. También se activa el relevador 1CR para que mantenga sus contactos 9 y 5 cerrados. De tal manera se mantiene el relevador 1CR y el motor 1MTR constantemente activados, sin importar la condición de los contactos 7 y 10 del interruptor 1PS.
Entre tanto, los puntos 9 y 5 del termostato interruptor 2TAS se cierran cuando se calienta la cámara y se abre cuando se enfría, pero el motor ventilador 2MTR no arranca hasta que los puntos 3 y 9 del interruptor 1TM hagan contacto.
Las variaciones de presión y temperatura en la cámara son detectados por el interruptor 1PS y cuando la cámara empieza a enfriar los puntos 1 y 8 hacen contacto y nuevamente se activa la luz roja 2LT y el elemento 2MTR.
Este ciclo de encendido y apagado mantiene la temperatura y presión de la cámara al nivel en que fue ajustado, hasta que el motor del reloj termina su tiempo de ajuste.

**Fase de enfriamiento**

Cuando el motor del reloj 1MTR termina su tiempo, los contactos 3 y 6 del interruptor 1TM abren y los contactos 3 y 9 del mismo cierran. Como los puntos 9 y 5 del termostato 2TAS cierran a un nivel de temperatura arriba de 225°F (107 °C) el motor 2MTR del ventilador arranca y empieza el proceso de enfriamiento de la cámara. Al mismo tiempo la luz de “enfriamiento” 3LT se enciende.
En este momento la luz 1LT de “listo” no enciende por motivo de la contra tensión aplicada a su contacto No.5.
Mientras tanto, como los contactos 3 y 6 del interruptor 1TM estén abiertos no conducirá energía para activar a la luz 2LT y el elemento 2HTR.

**Fase final del ciclo de esterilización**

Durante esta fase la temperatura dentro de la cámara baja a un nivel menor de 195 °F (91°C) y el interruptor termostato 2TAS abre sus contactos. La luz de “enfriamiento” se apaga y la luz de “listo” se enciende. El indicador de presión indica cero LPC y el equipo esta listo nuevamente para utilizarse.

**Advertencia:** aunque el indicador de presión indique cero LPC, tome precaución al abrir la puerta. Ábrala lentamente, esto permitirá el escape del vapor residual acumulado.

**Mantenimiento preventivo**

La reparación y mantenimiento preventivo de un esterilizador debe ajustarse a patrones metódicos tal como los que indica el fabricante. Debe examinarse cada paso durante la operación del instrumento. Tener a mano el equipo de prueba requerido como el voltímetro y herramientas pequeñas es esencial para llevar a cabo dicho servicio. Se incluyen entre los suministros los siguientes materiales: cinta de teflón para prevenir fugas de agua o vapor, soldadura para alambre, llaves de plomería y herramientas comúnmente utilizadas en este tipo de actividades.

**Revisión del equipo**

Durante la inspección revise en el esterilizador las siguientes condiciones:

**Eléctricas:**

- Enchufe quebrado o sin clavija de tierra
- Alambres sueltos
- Bombillos rotos
- Cronometro en buen estado
- Cables en buen estado
- Interruptores no funcionando

**Mecánicas:**

- Revise la cámara por filtraciones o agujeros
- La empaquetadura de la puerta
- Las válvulas por fuga de agua o escape de vapor
- Revise el control de temperatura

**Resumen este tema trato de:**

Principios de esterilización
Indicaciones para el operador
Eliminación de problemas en un esterilizador a vapor.
Explicación del circuito eléctrico:

1) Ciclo de encendido.
2) Ciclo de apagado.
3) Ciclo final.

Inspección a realizar por el operador.

## 3.24 El oftalmoscopio

La oftalmoscopia o examen del fondo de ojo ha sido aceptada como un método complementario de diagnóstico por lo que debe llevarla a cabo todo medico pediatra, clínico, generalista, diabetólogo, etc.

Mediante la observación directa de las estructuras oculares no solo es posible detectar patologías o anormalidades inherentes al ojo, sino también alteraciones sistémicas como diabetes, hipertensión arterial o procesos neurológicos. O sea que el ojo es como una ventana a través de la cual pueden realizarse muchas evaluaciones clínicas.

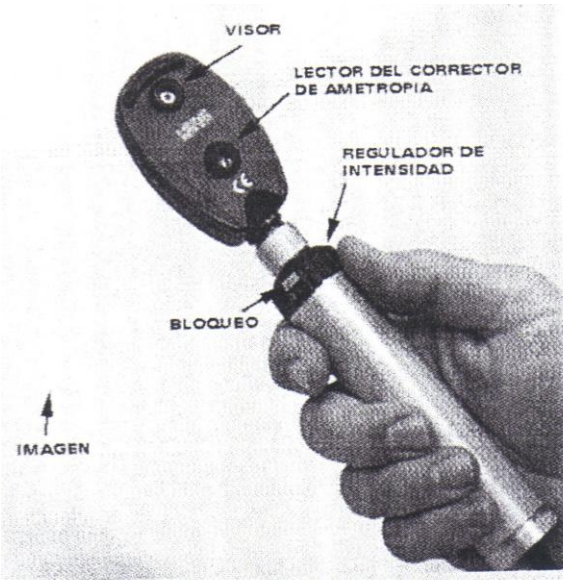



**Figura 3.24.1** **"El oftalmoscopio"**

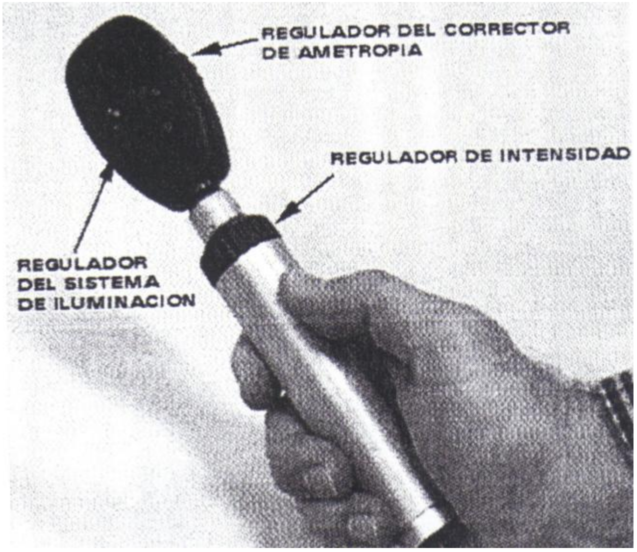


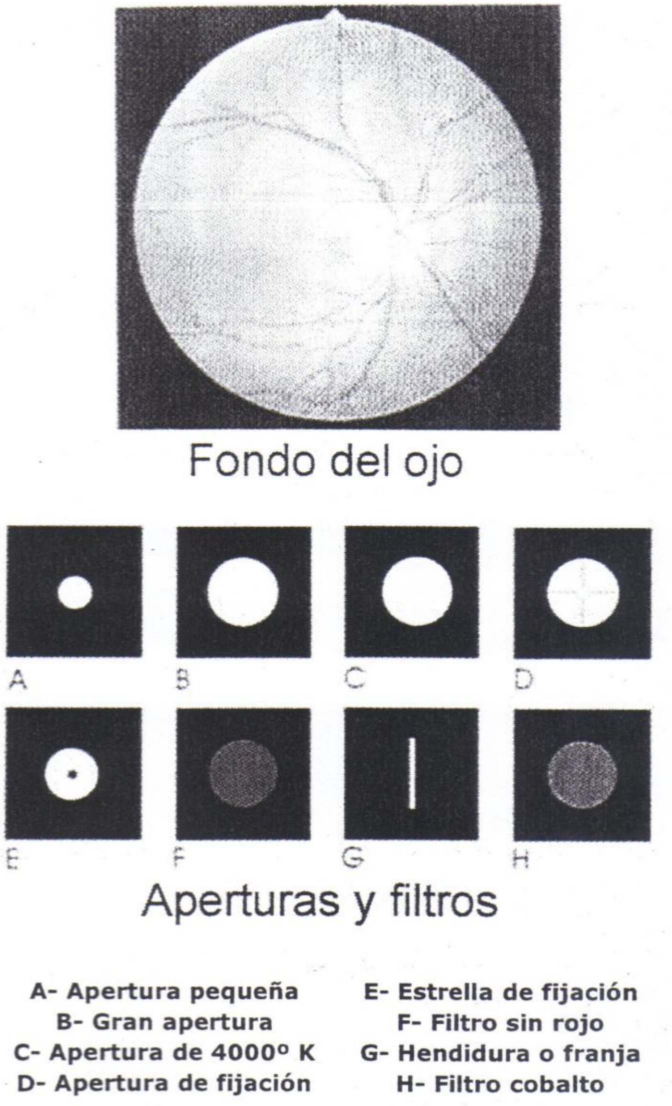

**Figura 3.24.2 "El oftalmoscopio"**

El oftalmoscopio es un instrumento optométrico cuya principal aplicación es observar el fondo del ojo y posiblemente sea el instrumento de mayor uso en Oftalmología. En esencia un oftalmoscopio consta de un sistema de iluminación para enviar luz sobre la retina y un sistema de observación. Existen dos tipos de oftalmoscopios: los directos y los indirectos. En los primeros el observador mira directamente la retina, mientras que en los indirectos se observa una imagen intermedia de la retina formada por una lente del propio oftalmoscopio. En las figuras se muestra el tipo de oftalmoscopio directo, tanto el lado del doctor (3.24.1) como el lado del paciente (3.24.2).

## Aperturas y filtros

Los nuevos oftalmoscopios tienen una serie de aperturas para usar en diferentes situaciones:

- **Apertura pequeña:** permite la entrada visual rápida del fondo en pupilas no dilatadas; así se evita el reflejo del haz de luz sobre el borde pupilar.
- **Apertura pequeña:** proporciona una visión más fácil del fondo a trabes de las pupilas sin dilatar.
- **Apertura grande:** para ojos con pupilas dilatadas y examen de las estructuras oculares anteriores.
- **Apertura de fijación:** tiene una retícula, lo que permite un fácil diagnostico de fijación excéntrica o para localizar lesiones y otras anormalidades. Las líneas están graduadas.
- **Apertura de hendidura:** ayuda a determinar niveles en lesiones, en particular



temores y edema de papila.

- **Filtro de cobalto:** si se pone una gota de fluoresceína en la superficie ocular, es posible evaluar lesiones de las estructuras externas del ojo.
- **Filtro sin rojo:** al eliminar el espectro rojo del haz de luz, resalta estructuras, principalmente las vasculares. Además puede usarse con todos los tipos de aperturas.

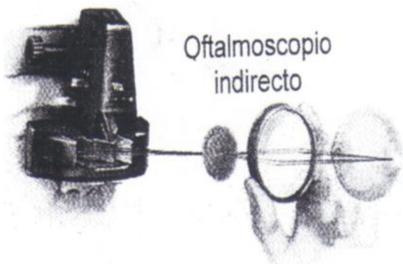
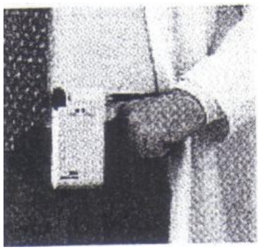
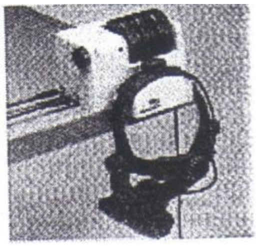



**Figura 3.24.3 "Oftalmoscopio indirecto"**

El oftalmoscopio indirecto, debe su nombre al hecho de que la imagen del fondo del ojo, no se observa directamente, sino a través de un lente que el doctor interpone entre el instrumento y el paciente. Su fuente de alimentación puede ser de pared o portátil.





Este tipo de oftalmoscopio cuenta con un espejo de instrucción, por donde el asistente, puede ver lo que el doctor esta mirando.

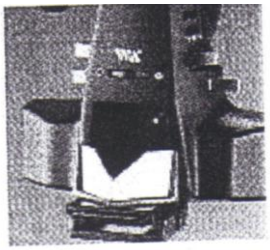


**Figura 3.24.4"Espejo de instruccion"**

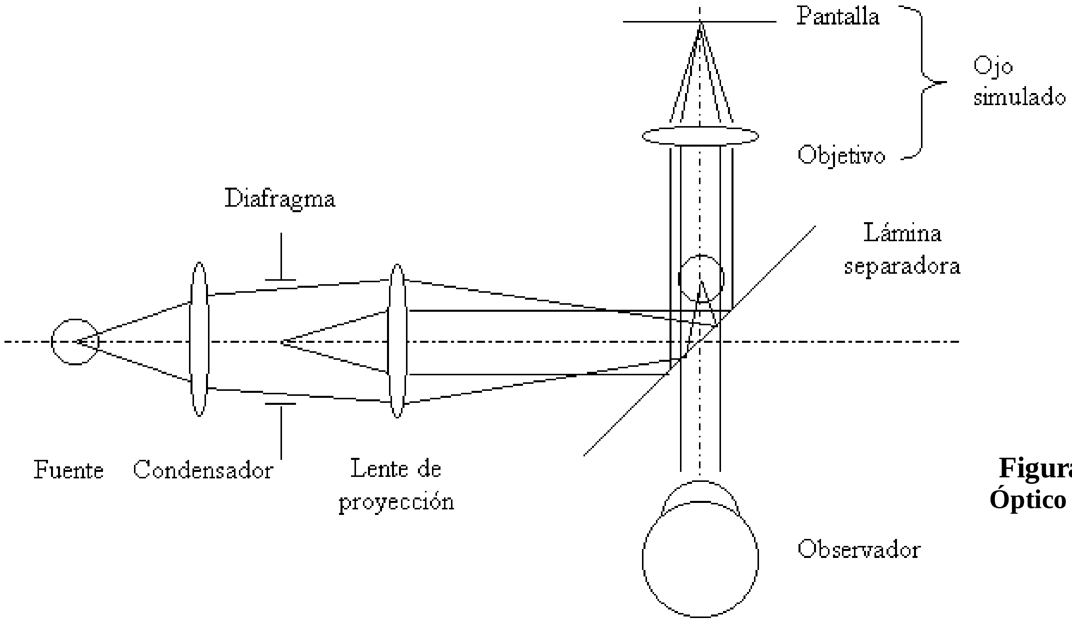



**Figura 3.24.5 "Diagrama Óptico de un Oftalmoscopio directo"**

## 3.25 El retinoscopio

El retinoscopio es el instrumento optometrito mas sencillo que existe para la determinación objetiva de la refracción de un ojo. En esencia un retinoscopio es un sistema de iluminación que introduce luz en el ojo del paciente; observando los reflejos que aparecen en el ojo se puede conocer el estado refractivo del paciente. En general todos los retinoscopio son ópticamente muy simples pero hay una diversidad importante de tipos de retinoscopio. Existen dos tipos básicos, la franja y el de punto o bien el que posee los dos tipos.

Hay otros tipos de instrumentos, como el otoscopio, que se usa para observar el oído. También hay iluminadores de laringe. Sus fuentes de alimentación normalmente son baterías recargables alojadas en el mango. El mantenimiento de ellos es relativamente sencillo y se limita a limpieza externa, cambio de lámparas, comprobación de baterías y medición de la tensión de sus cargadores.

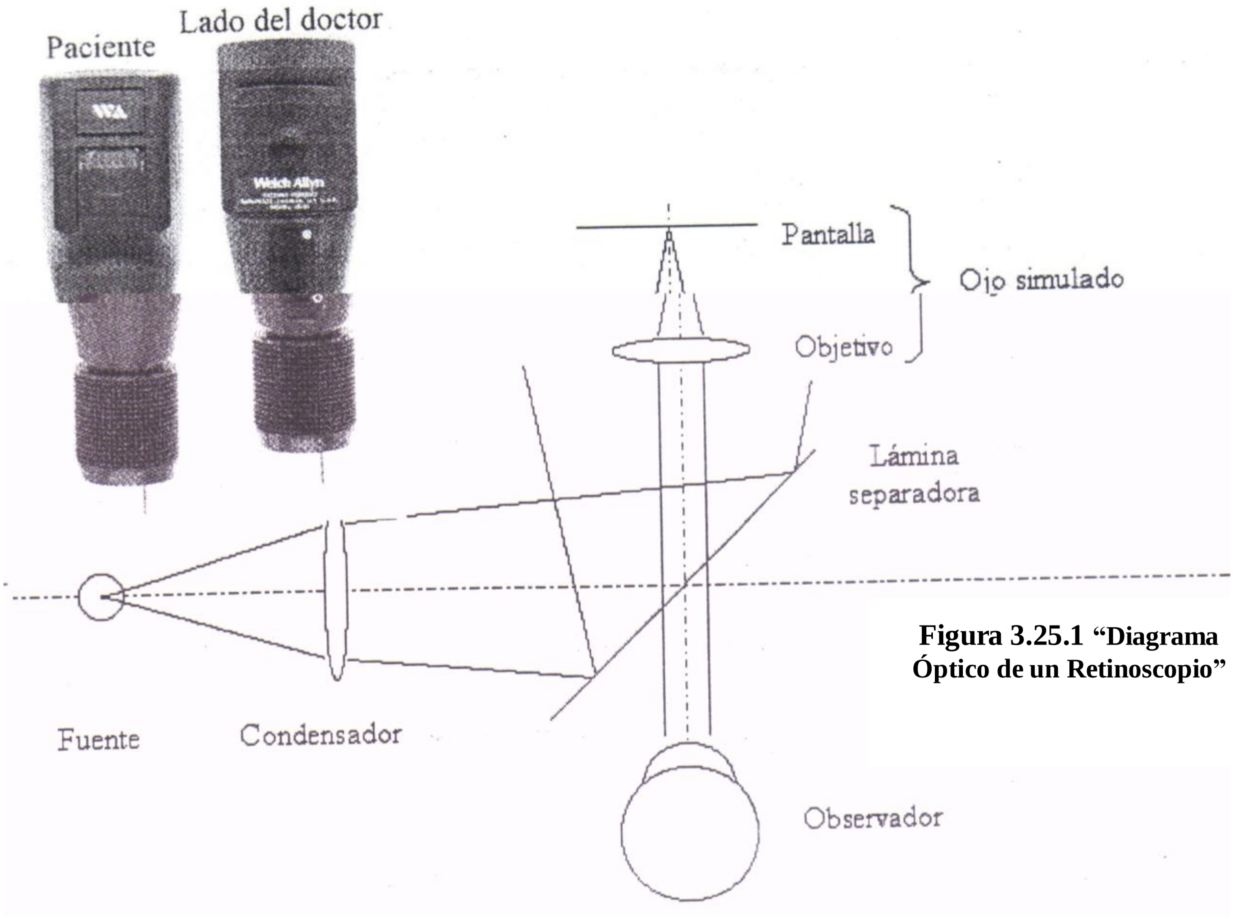



**Figura 3.25.1** **"Diagrama Óptico de un Retinoscopio"**

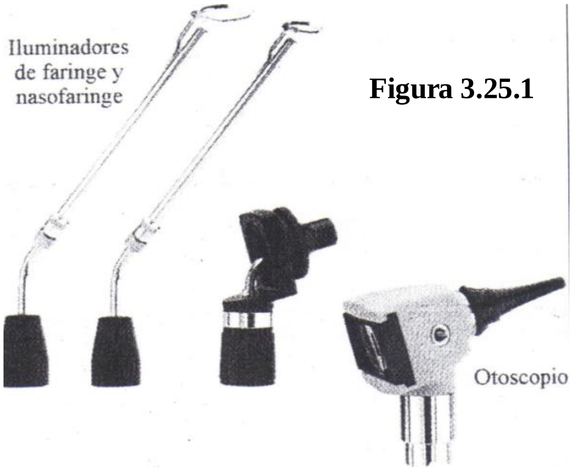


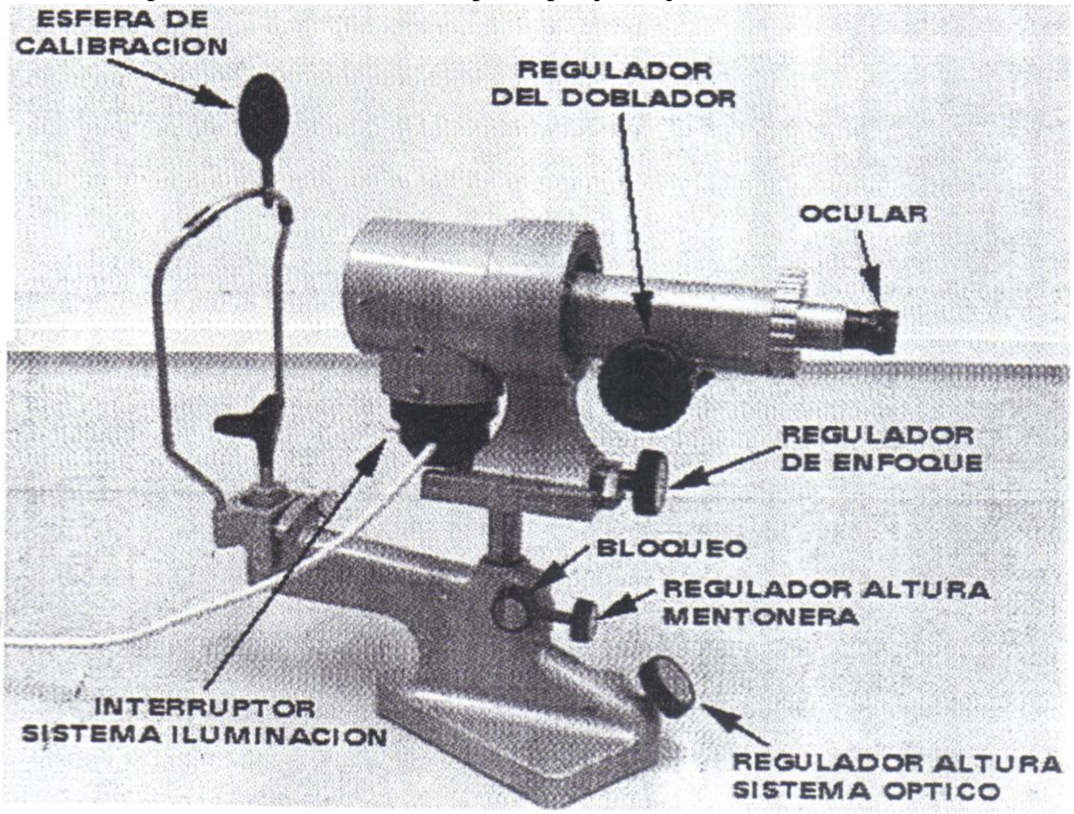

**Figura 3.25.1**

## 3.26 El queratómetro

El queratómetro es un instrumento optometrito diseñado para medir la curvatura de la cornea en su parte central. Son varias las razones por las que se precisa conocer la curvatura de la cornea, pero hoy en día la mas normal es la adaptación de lentes de contacto; de qui la importancia del queratómetro en contactología. La idea del funcionamiento del queratómetro consiste en medir el tamaño de la imagen de un objeto conocido, obtenida por la reflexión de la cornea. Es decir intenta obtener el radio de curvatura de la cornea a partir de los aumentos producidos por la reflexión de un objeto en la primera superficie de la cornea.

- Mide los 3mm centrales de la cornea.
- Mide el radio de curvatura de la cornea en dos meridianos a una distancia de 90°.
- Mide el valor dióptrico de cada meridiano principal y su eje.

**Figura 3.26.1 "El queratómetro"**



## Tipo de coincidencia

A la derecha se muestra el sistema de miras de un queratómetro. En la parte inferior, encontrara las imágenes que deben de coincidir para efectuar la lectura de los dos radios de la cornea.

- Figuras que se proyectan en la cornea y debemos hacer coincidir.
- El sistema gira sobre un eje antero posterior, que permite calcular los ejes de los meridianos principales.

**Figura 3.26.2** **"El queratómetro, tipos de coincidencias"**

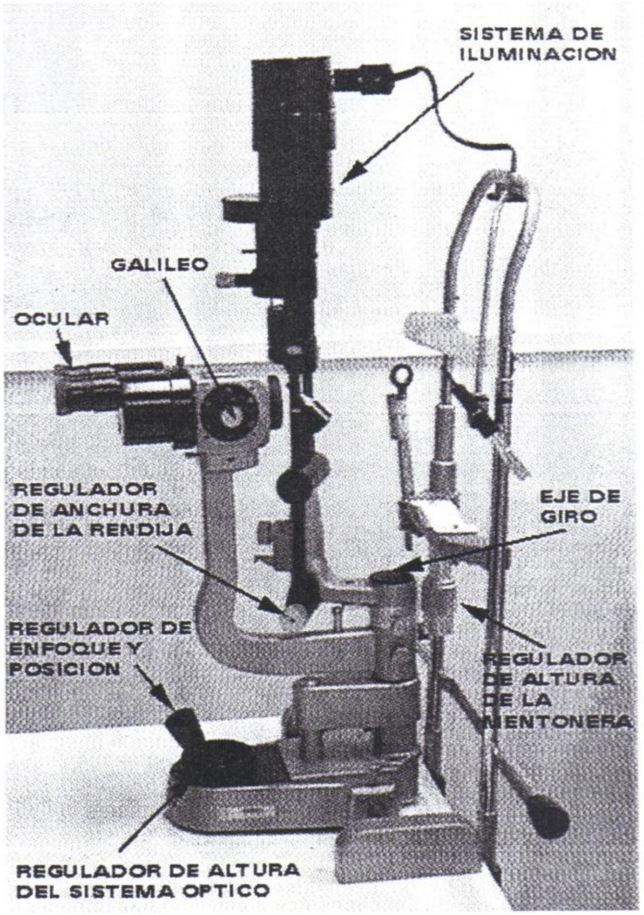



**Figura 3.27.1** **"Lámpara de hendidura"**

### 3.27 La lámpara de hendidura

La lámpara de hendidura es un microscopio óptico especialmente adaptado para la observación de la parte anterior del globo ocular (cornea y conjuntiva) así como la cámara anterior y el cristalino; de forma excepcional y con ayuda de lentes de distancia focal muy corta puede observarse el fondo del ojo. La lámpara de hendidura es un instrumento optometrito imprescindible en el campo de la optometría para descartar cualquier tipo de patología.

En esencia la lámpara de hendidura consta de un sistema de iluminación que produce la imagen de una rendija o hendidura sobre el ojo del paciente, y un sistema de observación, constituido por un microscopio de no muchos aumentos, con sistema inversor para obtener una imagen derecha de la región observada del ojo del paciente.

Por comodidad del observador la lámpara de hendidura tiene bastante alejado el plano de enfoque, suele ser binocular y la modificación de aumentos se lleva a cabo con ayuda de un

telescopio de Galileo, intercalado en el objetivo del microscopio.

## 3.28 Comprobaciones de lámpara de hendidura

La siguiente es una lista de las comprobaciones mas importantes que se le deben efectuar a una lámpara de hendidura:

### Óptica

- Asegúrese que los lentes de los binoculares no presentes suciedad.
- Compruebe que el espejo primario no este rayado o sucio.
- Compruebe que los filtros están limpios.
- Los lentes de las diferentes magnificaciones deben estar limpios.

### Focos

- Al proyectar la luz sobre el poste debe obtener un círculo como A bien definido y de bordes afilados.
- La hendidura vertical B deberá tener los bordes afilados y con una ligera forma de reloj de arena, un poco angosta hacia el medio.
- Compruebe los dos pasos anteriores en todas las magnificaciones.
- La hendidura debe variar su tamaño como en C sin distorsión.
- La hendidura debe girar de derecha a izquierda, teniendo un punto central fijo.
- Moviendo el sistema de iluminación de derecha a izquierda, la hendidura no debe desplazarse de su vertical.

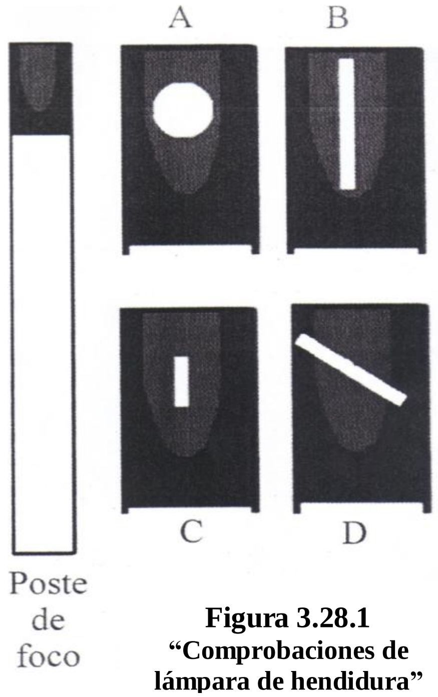



**Figura 3.28.1 "Comprobaciones de lámpara de hendidura"**

### Mecánica

Asegurarse que todas las piezas móviles, trabajan suavemente mueva el deslizador transversal, con el manipulador hacia delante, atrás, a la izquierda y derecha. No pueden existir saltos en el recorrido y su movimiento debe ser suave mueva el manipulador para verificar los movimientos finos en los cuatro ejes de coordenadas gire el manipulador y verifique el movimiento vertical de la lámpara, mueva el control lateral de la montonera, y asegúrese que el movimiento es suave.

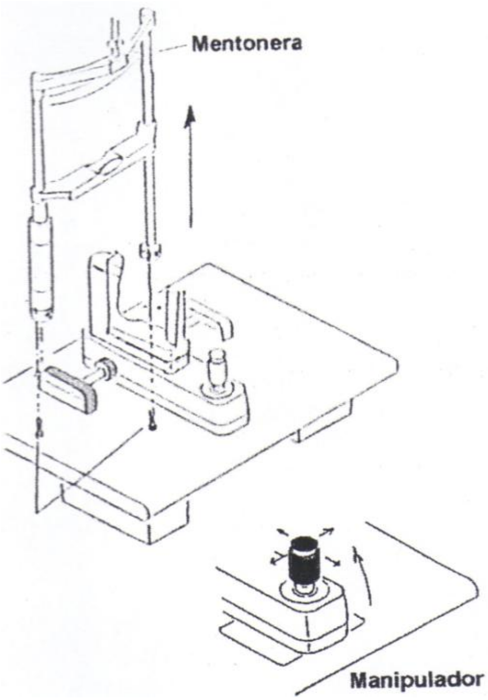



**Figura 3.28.2 "Mecánica de lámpara de hendidura"**

**Eléctrico**

Revise el estado de los cables de conexión.
Verifique que el control de luz ubicado normalmente bajo la mesa, varíe en pasos la luminosidad de la lámpara.
Observe que el bombillo no tenga manchas negras, que el filamento no este roto (usar un óhmetro).
Revise los contactos del portalámpara, de ser necesario límpielos con papel de lija #400.
Verifique el buen funcionamiento del LED. Rojo de posicionamiento de paciente.
En caso de ser eléctrica, compruebe que la mesa sube y baja cuando se oprimen los comandos.

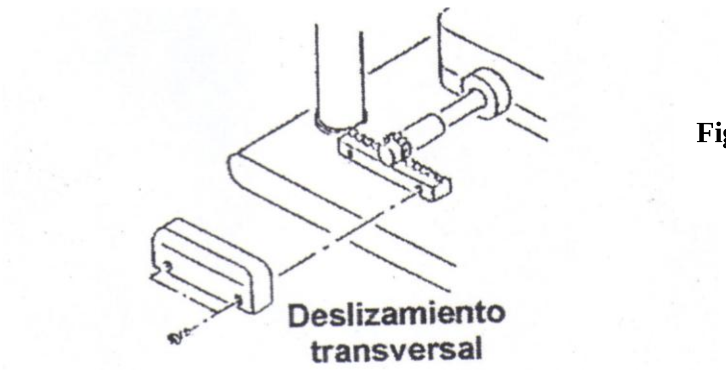



**Figura 3.28.3 "Comprobación eléctrica de la lámpara de hendidura"**

## 3.29 Método general de reparación

**Introducción**
En la localización de averías de cualquier equipo, existen ciertas condiciones que deben tomarse en cuenta para lograr una reparación exitosa, todo técnico.

El técnico encargado de la reparación debe saber la función, uso y operación del equipo.
Debe ser capaz de valorar los síntomas que el equipo esta presentando.
Sabe ubicarse en la (s) posible (s) unidades funcionales del equipo que podrían ocasionar esos síntomas.
Debe discriminar correctamente la unidad funcional que provoca el problema.
Tiene que ser capaz de localizar el elemento averiado de la unidad funcional.
Tiene destrezas que le permiten el cambio del elemento averiado.

Todo esto conlleva a un previo conocimiento teórico y práctico del campo de la especialidad, así como al desarrollo de habilidades sicomotoras, propias del campo de trabajo, manejo de herramientas e instrumentos de medición son fundamentales.
Es de suma importancia también trabajar con los manuales de servicio del fabricante, ya que ellos entregan muy buena información que ayudara a la reparación, ajuste y puesta a punto del equipo.

**Usando los sentidos**

En primera instancia es importante el uso de los sentidos antes de hacer cualquier análisis técnico para una reparación. El olfato, vista, tacto y oído deberán ser las primeras herramientas que deben ser utilizadas por un buen T.E.B.

- Una mancha negra puede indicar un cortocircuito.
- Un cable suelto que no va hacia ningún lado puede indicar un conductor roto. Hay que tratar de ver a donde debería haber estado conectado. Si esto no es obvio no conviene adivinar. Ello podría ocasionar daño.
- Una resma derretida, el deposito de humo, o un fuerte olor cerca de un transformador o motor puede indicar que esta averiado.
- Hay que buscar resistencias que estén abiertas por rajadura. A veces, el exceso de calor humedad puede destruir una resistencia, dejando abierto un circuito.

Hay que revisar si algunos interruptores en la parte posterior o interior del instrumento que han sido usados escasamente ya que pueden cancelar la función del instrumento.
Con el multímetro en la posición ohmios, (el equipo desconectado por supuesto), se conecta un conductor a una patilla donde el cable de potencia este conectado dentro del instrumento. Repita este acto con la otra punta del enchufe. Una pequeña búsqueda le indicara si todo se encuentra bien. Un lado del cable de potencia siempre va directo al fusible. Si no encuentra continuidad en el cable talvez tenga una apertura en los alambres. Siempre que se hace esta prueba es buena práctica torcer el cable de lado a lado, esto determina si existe una intermitencia en el cable.
Si es usado un cable de potencia tres alambres, la clavija redonda del enchufe es la tierra y probablemente esta conectado al chasis del instrumento. También hay que revisar esto con el óhmetro para ver si hay continuidad.
Cuando un medidor de un equipo responde de modo erróneo y los controles no producen una respuesta suave, el problema puede radicar en un potenciómetro defectuoso.
Hay que tratar de girar el control de la manera más pareja posible, desde un extremo de su recorrido al otro. Si la aguja del medidor no responde suavemente, el potenciómetro puede estar defectuoso. Se puede golpear ligeramente la perilla con la yema del dedo para ver si la aguja del medidor permanece relativamente firme. Lo contrario indica también que el potenciómetro esta defectuoso. Tratar esta ultima prueba en varias posiciones de la perilla de control. El defecto del potenciómetro puede estar en un punto solamente. No es difícil de cambiar un potenciómetro con un cautín, y un poco de práctica. Asegúrese de reemplazarlo por el tipo adecuado de potenciómetro. El tamaño indica su potencia, mientras que la resistencia y porcentaje de precisión están usualmente estampados, al dorso. Asegúrese de reemplazarlo por el tipo adecuado de potenciómetro. El tamaño indica su potencia, mientras que la resistencia y porcentaje de precisión están usualmente estampados al dorso. Asegúrese de observar a que contacto del potenciómetro va cada conductor. De conectarlo al revés, el medidor se va a mover en dirección errada al girar.
No es difícil soldar y usted se puede volver bastante eficiente con un poco de práctica. Es preferible usar para el trabajo un cautín pequeño de hierro con una punta que una pistola de soldar. Esta última se caliente mas rápido pero produce más calor de lo necesario y es más difícil de introducir en lugares pequeños sin causar daños a piezas delicadas.
Hay que quitar lo máximo de la soldadura anterior. Enganche los cables al ser soldados dentro de los huecos de las patillas, o sino asegúrelos de alguna forma. Ubique la punta del cautín en el punto a ser soldado de manera que se calienten tanto el cable como el contacto. Toque la punta del soldador en el punto de contacto y deje que la soldadura se fusione completamente antes de retirar el cautín. Si el contacto no esta lo suficientemente caliente, la soldadura no se va a unir a el y puede ser hecha una "unión de soldadura fría"; esto podría dar como consecuencia una conexión eléctrica de mala calidad. Evite usar un exceso de soldadura y de gotear soldadura caliente a componentes. Para este tipo de trabajo es conveniente una soldadura con núcleo de resina No. 20 G o 22 A. el cautín no debería dejarse enchufado por periodos extensos. Una ocasional restañadura de la punta del cautín le ayuda a mantenerse en buen estado. Esto se efectúa

derritiendo una gota de soldadura en la punta y restregándola sobre la superficie de un trapo grueso.

**Las siguientes revisiones pueden ser efectuadas cuando no funcionan los motores eléctricos:**

¿Llega electricidad al motor? Revise si el motor esta enchufado, revise el disyuntor de línea, el fusible del instrumento, etc., según los pasos indicados anteriormente.
Revise si el motor puede ser libremente girado a mano.
En caso afirmativo, desenchufe el aparato y revise las escobillas. Esto se efectúa removiendo pequeñas coberturas plásticas en ambos lados del motor. Asegúrese de que resta suficiente carbón en las escobillas, que estén realmente tocando el inducido, y que el resorte o cable que hace contacto eléctrico en las porta escobillas no este roto. La escobilla deberá caber cómodamente en la porta escobillas. Si esta suelto es porque la escobillas esta gastada en algún ángulo, probablemente es el tamaño errado de escobilla. Si la escobilla no entra con facilidad dentro del receptáculo puede fallar en llegar al conmutador. Esto puede ser debido al tamaño demasiado grande para el porta escobilla o a la formación de un deposito de carbón en el porta escobilla. El carbón y el porta escobilla pueden ser limpiados con un hisopo humedecido en alcohol u otro absorbente similar. Seque cualquier exceso de solvente. Se pueden conseguir solventes especiales para limpiar motores.
Si el motor gira con dificultad, puede ser que el cojinete se haya secado tanto que impida el funcionamiento del motor, pudiéndose quemar el mismo. Coloque aceite liviano en los cojinetes de la mejor manera posible y gire el motor hacia delante y hacia atrás sobre sus cojinetes hasta que estos estén completamente libres y el motor gire fácilmente a mano. Revíselo induciendo corriente para ver si ha resuelto el problema. La próxima vez, engrase los cojinetes antes de que se sequen.

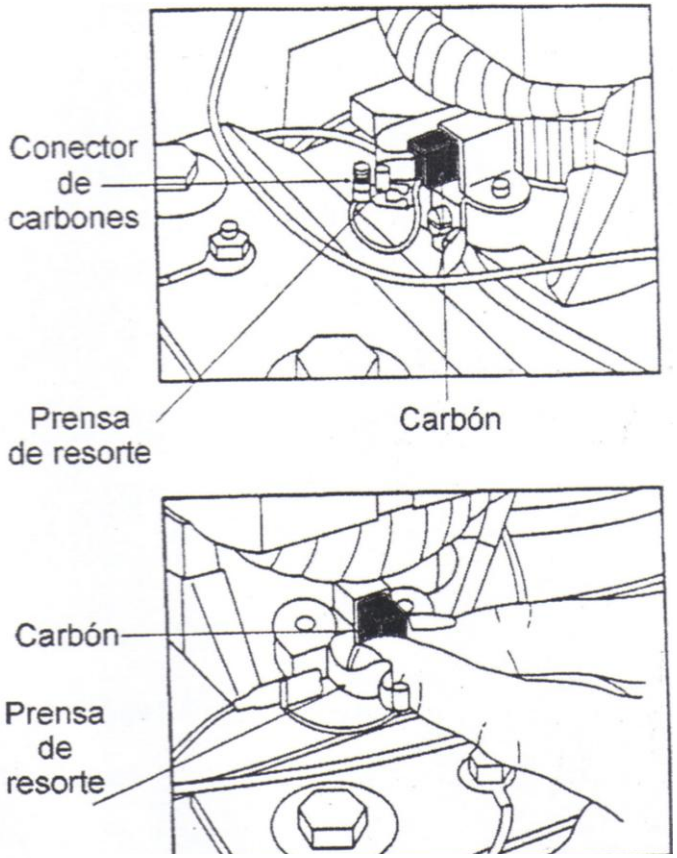


**Figura 3.29.1** **"Cambio de carbones de un motor"**

Se puede hacer un intento de aflojar el soporte con lubricantes y un poco de fuerza ejercida con cuidado. Si esto no da resultado el motor debe ser abierto y reemplazados los cojinetes. Si los cojinetes han estado congelados y se le aplicó corriente por un buen tiempo, es posible que el motor este quemado y requiera *reparación o reemplazo.

*ciertos motores eléctricos pueden ser rebobinados, pero esto no es recomendable si el motor es pequeño.

Si el motor gira libremente y las escobillas están en buen estado, es posible que ha ya un corto ya sea en la bobina de campo o en el arrollamiento del inducido y el motor debe de ser enviado a un taller para su rebobinado.
Si el motor suena pero no se mueve o mueve solo lentamente, puede hacer un corto, lo cual también requerirá rebobinado.
Si el motor funciona muy ruidosamente y a veces se detiene, puede ser debido al desgaste excesivo de los cojinetes. Para revisar el juego longitudinal ponga el motor en una posición vertical (como en una centrifuga) levante el eje lo más que sea posible y déjelo caer unas cuantas veces. Un poco de juego con un suave sonido se puede oír al volver a caer el eje en su lugar. Es necesario para que el motor trabaje suavemente que tenga un juego apenas perceptible.

Si existe juego considerable o si se oye un ruido metálico definido puede ser que mas bien se esta gastando mucho el cojinete. Algunos motores tienen un solo cojinete de bola en el extremo inferior del eje con un tornillo debajo para compensar o ajustar cualquier juego. De no existir este, debe de ser quitado el motor y reemplazado. Para revisar el cojinete superior, sujete con firmeza la parte superior del eje (o la cabeza de la centrifuga) y trate de moverlo de lado a lado. Si se siente algún juego, el cojinete esta gastado. Si se oye un ruido metálico definido, el cojinete esta dañado y debe de ser reemplazado antes de que el motor se trabe y cause daño a las bobinas. Hay que recordar que algunos motores están montados sobre anillos de goma y que todo el motor puede moverse cuando se trata de mover un eje atrapado en sus cojinetes.
Siempre puede ser que haya fallado un interruptor, un rectificador, *variac o algún otro componente. Usando un multímetro y un poco de lógica, posiblemente se puede ubicar tal falla pero, en todo caso puede ser necesario un técnico para ubicar tal falla pero, en todo caso puede ser necesario un técnico para efectuar la reparación.
*un autotransformador con devanado toroidal y escobilla se utiliza para control de velocidad del motor.

## Equipos de calentamiento

Los equipos de calentamiento fallan muy raras veces, excepto cuando están quebrados los cordones (alambres y cables de alta potencia) o los interruptores son defectuosos, pero el control es a menudo un problema. Los elementos de calentamiento parecen durar casi todo como los aparatos en los cuales son instalados. El termostato puede ser un asunto diferente. Hay muchos tipos de termostatos. El tipo que realmente cierra y abre el circuito de corriente al calentador a través de elementos termostáticos, esta muy a menudo sujeto a fallas. Las puntas pueden corroerse y quemarse tanto que no pueden hacer contacto eléctrico. Al bruñir los contactos con tela de lija se los puede restaurar temporalmente. Nuevas puntas o nuevo termostato talvez tengan que ser instalados. Si las puntas se arquean y calientan lo suficiente como para fundirse entre ellos, la corriente va a continuar fluyendo hasta que un fusible estalle o el aparato seguramente se queme. Afortunadamente este tipo de termostato es poco usado ahora. Un tipo más común consiste en un micro interruptor activado por el elemento termostato para abrir y cerrar el circuito.
Estos interruptores fallan ocasionalmente. En la mayoría de los casos el interruptor produce un sonido audible cuando se oprime. Si no puede lograr que el interruptor efectúe ese sonido, al presionarlo es porque probablemente esta malo. Puede ser revisado con un ohmetro, como se indico anteriormente; en caso de que hay alguna duda con respecto a su condición. Estos interruptores son usualmente fáciles de reemplazar, en caso de encontrarse el sustituto adecuado. En baño María el elemento sensor (frecuentemente una capsula y capilar rellenos con fluido) esta en el fondo del baño. Los reactivos corrosivos usados alrededor del baño María pueden corroer el capilar hasta que le entre el agua. Entonces, se debe de reemplazar el elemento sensor.

## Líneas de energía

Las líneas de potencia de los laboratorios frecuentemente están sobrecargadas ya que los planificadores a menudo no se dan cuenta de la cantidad de electricidad considerable que es usada por las docenas de aparatos de laboratorio.
A pesar de que usualmente hay por lo menos un electricista o ingeniero de planta que se ocupa de esas cosas, es prudente prestar atención a problemas de sobrecarga.
Una señal de peligro es el exceso de calor en el tablero disyuntor del circuito. Si un circuito esta frecuentemente cargado, ese disyuntor particular estará caliente y, si el circuito esta muy sobrecargado, el disyuntor ocasionalmente saltara. A veces es posible cambiar físicamente algunos aparatos de elevado consumo eléctrico a otros circuitos, o el electricista puede asignar puede asignar estos aparatos a un disyuntor con menos uso en la caja de los interruptores. La tensión puede bajar cuando toda la carga del laboratorio comienza a ser demasiada para el sistema provisto. Esto puede causar, muchos problemas serios con equipos de laboratorio. La tensión puede ser revisada en el enchufe de pared con un voltímetro. Uno de los cables en el receptáculo es el alambre en caliente y otro es esencialmente el frío (o neutro). Para la que la corriente sea adecuada, la diferencia de tensión entre los dos deberá ser de 117 VCA, o cerca de eso y no debería haber fluctuación. En caso de así desearlo, se pueden conseguir voltímetros graficadores que registran la tensión por un periodo de tiempo. La mayoría de los instrumentos de laboratorio compensan bastante bien las bajas eléctricas de hasta 100 VAC, pero algunos no. una baja menor puede hacer que los motores trabajen con una potencia inferior, esto causa que se paren y se quemen. Las sobre tensiones de muy elevada tensión, ocasionalmente asociadas con sobrecarga, pueden dañar algunos componentes, incluyendo los tubos al vacío y de estado sólido.

La tensión medida desde la línea caliente hasta le de tierra (el hueco redondo del receptáculo en un sistema de tres cables), debería indicar esencialmente lo mismo que la tensión del cable caliente al cable neutro. Si no se lee nada, la línea de tierra no esta a tierra y un electricista debería revisarla. Cuando los requerimientos de potencia exceden el potencial del sistema, las líneas de 220 VCA, fuera de uso pueden ser divididas para proveer dos circuitos de 110 VCA, o se pueden introducir líneas de áreas adyacentes.

## Diagramas esquemáticos

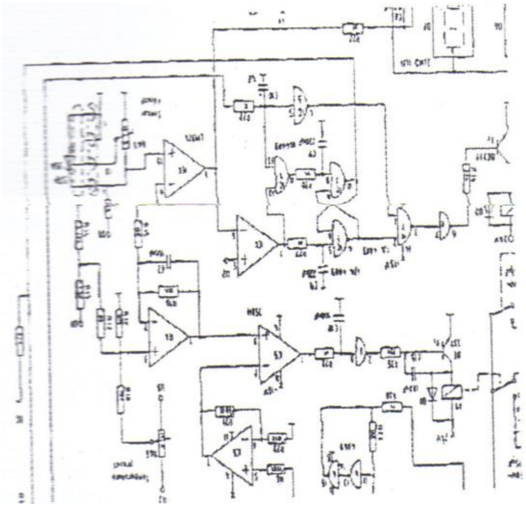


**Figura 3.29.2 "Diagrama esquemático"**

A medida de que se adquiere mas experiencia, se puede lograr buena comprensión de los diagramas (ver figura 3.29.3) el de los equipos que le permitirá seguir los sistemas y conexiones para mejor comprensión de su función y sus problemas potenciales. Hay que estudiar los mismos en comparación con el instrumento pertinente para adquirir más entendimiento de los dibujos de componentes y conexiones.
Se puede leer bastante material sobre instrumentos y no saber distinguir aun un transformador de un transistor. Los experimentos y la experiencia con componentes ayudan grandemente.

Para el estudiante realmente serio, se recomienda un curso regular en electrónica.
Otra manera de aprender en esta área de armar

equipos tipo “ensamble” que se consiguen en las casas electrónicas.
No hay electrónica instantánea con expertos en instrumentos, solamente la experiencia, observación y el interés pueden desarrollar la habilidad necesaria para enfrentar las fallas de los instrumentos. Se espera que la información aquí contenida pueda ayudar a los estudiantes a adquirir alguna comprensión e interés.

**Conclusiones:** El primer paso en cualquier método de localización de averías, es el uso de los sentidos.

## 3.30 Equipo, materiales y herramientas para el laboratorio de biomedicina

### Equipo de laboratorio

Osciloscopio
Generador de función
Fuente de potencia
Multímetro digital
Contador de frecuencia
Sonda de prueba para alta tensión

### Simuladores y analizadores de equipos biomédicos

Simulador de ECG
Simulador de tensión sanguínea
Analizador de desfribiladores
Analizador de seguridad eléctrica
Analizador de receptáculos
Tacómetro
Probadores de transductores
Simulador de Apnea
Probador de PH

### Herramientas comunes para un taller de biomedicina

Caja de herramientas tipo maleta
Pinzas punteadas y comunes
Cortador y deslingotera de cables
Sierra corta metal
Llave para tuercas con empuñadora de torno
Limas extra pequeñas
Limas de picadura cruzada y triangular
Pinzas para grapas de tuberías de goma
Juego de pequeñas llaves para tuercas
Llaves ajustables
Juego de destornilladores de pequeño a grande y destornillador de proyección
Lámpara de banco con magnificación
Destornilladores Philips
Prensa de banco grande y pequeña
Juego de llaves para tuercas “eles”

Taladro eléctrico
Torno pequeño
Juego de mechas
Cautín pequeño de soldar
Calentador de mano (tipo secadora de cabello)
Luz de destellos
Juego de herramientas para hacer huecos en metal delgado
Multímetro análogo
Prensa de banco especial para circuitos impresos
Lámpara de prueba
Navaja pequeña
Hemostatos
Herramientas de plástico para alinear controles electrónicos
Martillo
Organizadores pequeños multicajones de plástico para almacenamiento de repuestos eléctricos
Juego de sondas de prueba.

**Repuestos y limpiadores**

Juego de resistores
Soldadura
Juego de condensadores
Juego de tuercas y tornillos
Bobina con cable de calibre18-20
Juego de fusibles
Juego de alambre, varios diámetros
Adhesivo de electricista
Juego de talón terminal
Papel de esmeril, varios grados
Cemento para pegar
Atomizador de enfriamiento, atomizador de limpiador de contacto, químicas para pegamento fuerte
Terminales de azada o de otros equipos
Fusibles para todos los instrumentos
Escobillas para todos los motores
Lámparas de repuesto para todos los instrumentos de mano
Aceite liviano y lubricante centrífugo
Manuales de instrucción para todos los instrumentos
Cualquier pieza para reparación o reemplazo recomendada por el fabricante
Colección de misceláneos tales como tuercas, pernos, etc.

## 3.31 Técnicas para la limpieza de lentes y espejos

Para limpiar lentes lo primero que debemos tener son las herramientas y materiales necesarios para efectuar esta operación:

**Pera:**
Sirve para remover partículas de polvo sueltas en la superficie de vidrio. Normalmente es lo primero que debemos usar antes de cualquier acción.

**Foco de luz alógena:**
La luz alógena nos hace observar partículas de suciedad y rastros de grasa, que normalmente no son visibles con la luz natural o la de una lámpara normal de filamento.

**Metanol:**
El metanol es el líquido de limpieza por excelencia, debido a que desengrasa y vaporiza rápidamente sin dejar rastros de humedad.

**Aplicador de algodón:**
Muchos técnicos utilizan aplicadores de algodón, para la limpieza de lentes, sin embargo debido a que a veces sueltan pelos, actualmente se esta utilizando con muy buenos resultados el papel fotográfico de limpieza.

**Figura 3.31.1 "Limpieza de lentes y espejos"**

**Pinzas quirúrgicas:**
Cuando se utiliza papel fotográfico, es necesario el uso de pinzas para no tomar el papel con los dedos.

Para la mayoría de los casos de limpieza de los lentes de los binoculares de lámparas de hendidura o microscopios, basta con soplar con la pera sobre ellos. Luego tomando un trozo de papel fotográfico de limpieza y un palillo de dientes, se hace un aplicador como lo muestra la figura 3.31.2. Se moja la punta con una gota de metanol y se limpia el lente haciendo un movimiento en espiral desde el centro hacia fuera. Si es necesario se puede repetir la operación, haciendo un nuevo aplicador.

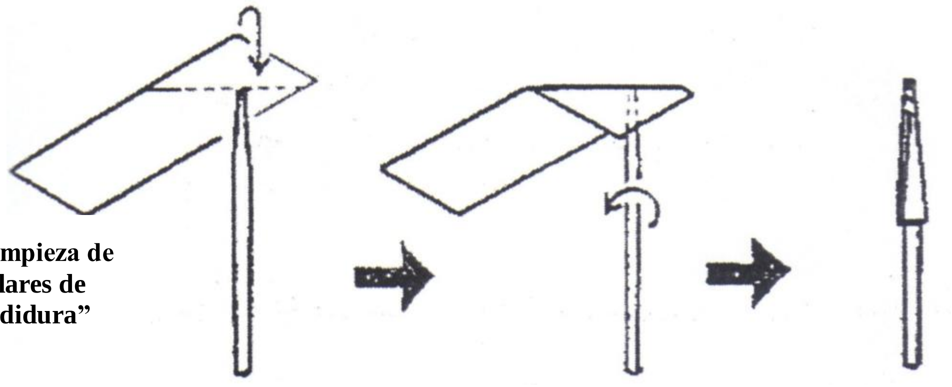
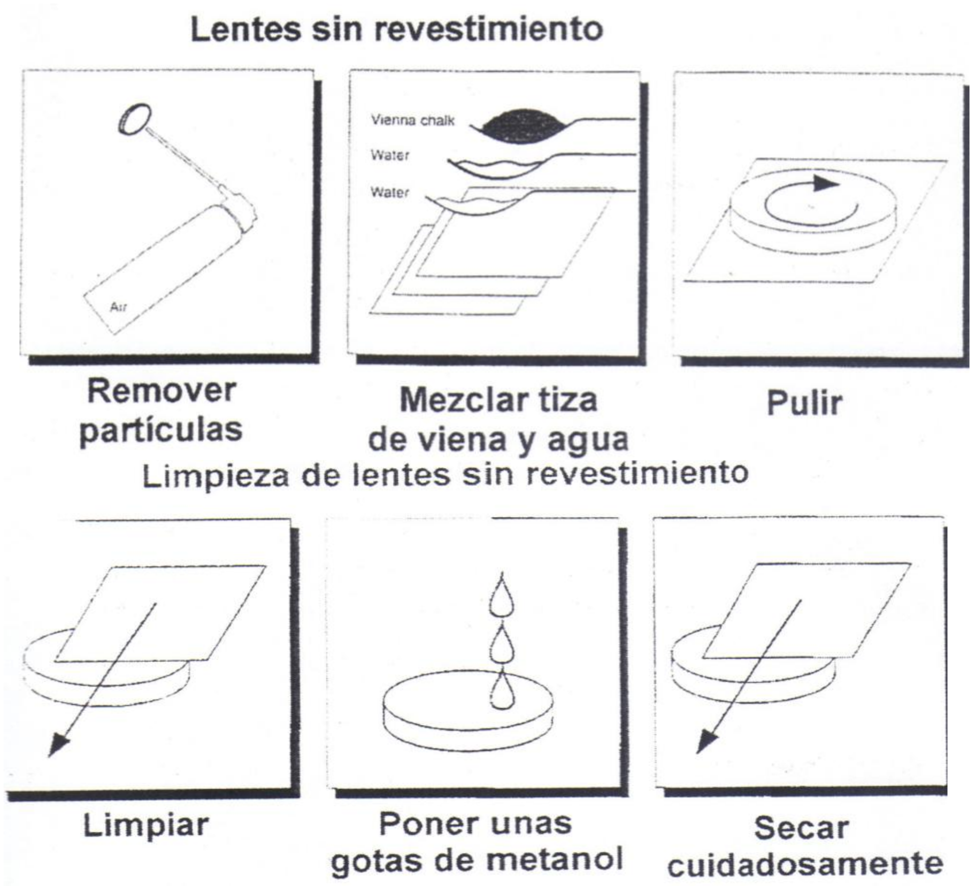


**Figura 3.31.2 "Limpieza de lentes de binoculares de lámparas de hendidura"**

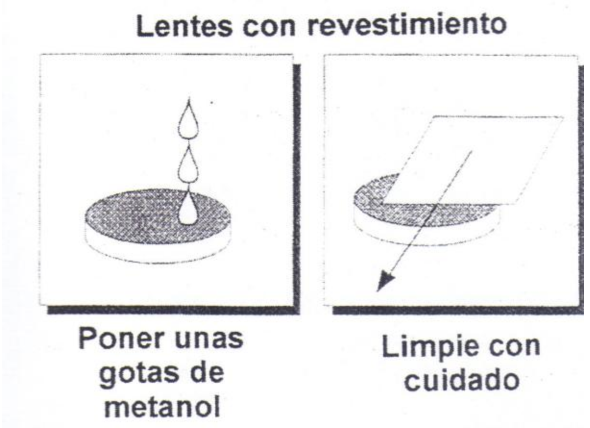



Si la suciedad es tal que no sale, debemos pulir el lente con tiza de Viena, mezclando una cucharadita, con dos cucharaditas de agua destilada, sobre tres papeles fotográficos. Luego haga rotar el lente por unos 2 o 3 minutos. Enjuague con agua y repita sobre la otra cara, de ser necesario.

**Figura 3.31.3**
**"Limpieza de Lentes sin revestimiento"**

Una vez que el lente ha sido pulido, se limpia el residuo de agua con papel de limpieza fotográfico (figura 3.31.3). No debe frotarse. El papel fotográfico simplemente debe deslizarse cuidadosamente sobre la superficie del lente, dejando que el papel absorba la humedad. Una vez hecho esto se procede a poner unas gotas de metanol en el lente. Luego se pone encima un papel fotográfico y se repite el proceso de absorción.

En este punto el lente debe haber quedado limpio, y seco. Compruebe lo anterior con un foto alógeno. Cuando los lentes tengan un revestimiento especial, como los utilizados en algunos equipos como los láser, o bien espejos primarios como el de la lámpara de hendidura, nunca debe hacerse el paso de pulido, solamente el de limpieza, tal y como se aprecia en la figura 3.31.4. Si no se logra la limpieza el lente deberá ser cambiado.




**Conclusiones:** "cuidado" los lentes que tienen una película de revestimiento, como los usados en láser, no deben de ser pulidos.

**Figura 3.31.4"Limpieza de Lentes con**

# Unidad 4

# Seguridad Eléctrica

## Seguridad Eléctrica en Hospitales

La mayor parte de los accidentes causados por la electricidad, no son fatales, pero incidentes en los cuales miembros del personal o pacientes reciben descargas no fatales, son mucho más comunes que lo que muestra las estadísticas de mortalidad.
En años recientes ha habido una proliferación de equipo eléctrico y electrónico en los hospitales. Si dicho equipo está en buenas condiciones de funcionamiento y se usa apropiadamente, es relativamente seguro. Ocasionalmente, surgen situaciones en los hospitales donde el equipo es defectuoso o se usa en forma que pudiera precipitar un accidente.
Usualmente el personal que hace uso del equipo no está enterado del riesgo potencial en que en la mayoría de los casos puede evitarse con escaso esfuerzo. Así pues, es importante que todo el personal hospitalario esté enterado de situaciones que pudieran conducir a accidentes eléctricos y se familiaricen con las simples precauciones de seguridad necesarias para impedirlos.

### 4.1 Efectos biológicos de las corrientes eléctricas

Con el fin de que la electricidad tenga un efecto sobre el organismo este último deberá entrar a formar parte del circuito eléctrico. Por lo menos dos conexiones deben existir entre el organismo y una fuente externa detención. Para efectuar un flujo de corriente. La magnitud de la corriente depende de la tensión entre las conexiones y la resistencia eléctrica del cuerpo. La mayor parte de los tejidos corporales contienen un alto porcentaje de agua, por consiguiente constituyen buenos conductores eléctricos. Básicamente, la corriente eléctrica puede afectar tejidos del cuerpo en dos formas diferentes.

**Primero:** la resistencia de los tejidos al aplicarles una corriente eléctrica, genera calor.
Si se alcanza una temperatura suficientemente altas, puede causar daños a los tejidos (quemaduras). Con la corriente doméstica lastimadura usualmente se limitan a daños localizados en los puntos de contacto o cerca de estos donde la densidad de corriente intensa. En accidentes industriales, con alta tensión, también en accidentes con relámpagos la energía eléctrica disipada puede ser suficiente para causar quemaduras que involucren grandes partes del cuerpo. En la electa cirugía la corriente concentrada proviene de un equipo “generador de radiofrecuencia” se usa intencionadamente para cortar tejidos o coagular pequeños vasos sanguíneos. Ocasionalmente, al no utilizarse por corto tiempo, este equipo también puede ocasionar quemaduras al tejido.

**Segundo:** la transmisión de impulsos a través de nervios sensoriales y motores involucra potenciales de acción electroquímica. Una corriente eléctrica extraña, de suficiente magnitud, puede causar tensiones locales que suelen disparar potenciales de acción y estimular los nervios. Cuando los nervios sensoriales se estimula en esta forma, la corriente causa sensación de”hormigueo” o de “picazón” que a suficiente intensidad llega a ser desagradable y hasta dolorosa. La estimulación de los nervios motores o músculos, ocasiona la contracción de las fibras musculares en los músculos o grupos de músculos afectados.

Una intensidad suficientemente alta de la estimulación puede causar tétano (contracción muscular) en la que todas las fibras quedan contraídas y ejercen la fuerza muscular máxima con resultado de fatiga y posible lesión.
La magnitud de la estimulación de cierto nervio o músculo depende de la diferencia de potencial a través de sus células y la densidad local de corriente que fluye a través del tejido. Una corriente eléctrica que fluye a través del cuerpo, puede ser riesgosa o hasta fatal si la intensidad de corriente en órganos vitales es suficiente para interferir con el funcionamiento de los órganos. El grado

hasta el cual cualquier órgano dado queda afectado, depende de la magnitud de la corriente y la ubicación de los puntos de contacto eléctricos en el cuerpo con respecto al órgano.

El órgano más susceptible a la corriente eléctrica es el corazón. Si la corriente es suficientemente fuerte, puede dar por resultado completa contracción del miocardio, lo cual detienen la acción de bombeo del corazón e interrumpe la circulación sanguínea. Si la circulación a ser reanuda dentro de unos pocos minutos, tiene como resultado primero el daño al cerebro y luego la muerte, motivado por la carencia de oxígeno en los tejidos del cerebro. Sin embargo, si la corriente se retira dentro de breve tiempo, el latido del corazón se reanuda espontáneamente. Una corriente de menor intensidad que excita sólo una porción de las fibras del músculo cardiaco puede ser más peligrosa que una corriente suficiente para causar contracción de la totalidad del corazón.

Esta excitación puede cambiar los patrones de propagación eléctrica en el miocardio, desincronizando la actividad del corazón y causando inefectiva actividad muscular casual. Esta condición se denomina FIBRILACION. Cuando ocurre fibrilación sobre los ventrículos, el corazón deja de bombear sangre. La fibrilación ventricular normalmente no es irreversible y una vez inducida, el ritmo cardíaco regular no se reanuda cuando la corriente es removida. A fin de restaurar la acción de bombeo del corazón, el músculo cardíaco debe estimularse mediante un impulso de corriente suficientemente fuerte proveniente de un desfibrilador externo. La contracción completa de todas las fibras musculares del corazón resincronizan el miocardio, después es de la cual, es de esperarse que el corazón reanude sus contracciones normales. La fibrilación ventricular es la causa más frecuente de muerte en accidentes eléctricos fatales.

La parálisis respiratoria puede también ocurrir si los músculos del tórax se tetanizan mediante una corriente eléctrica que fluya a través del pecho o a través del centro de control del cerebro. Dicha corriente posiblemente puede afectar también el corazón, debido a su ubicación.

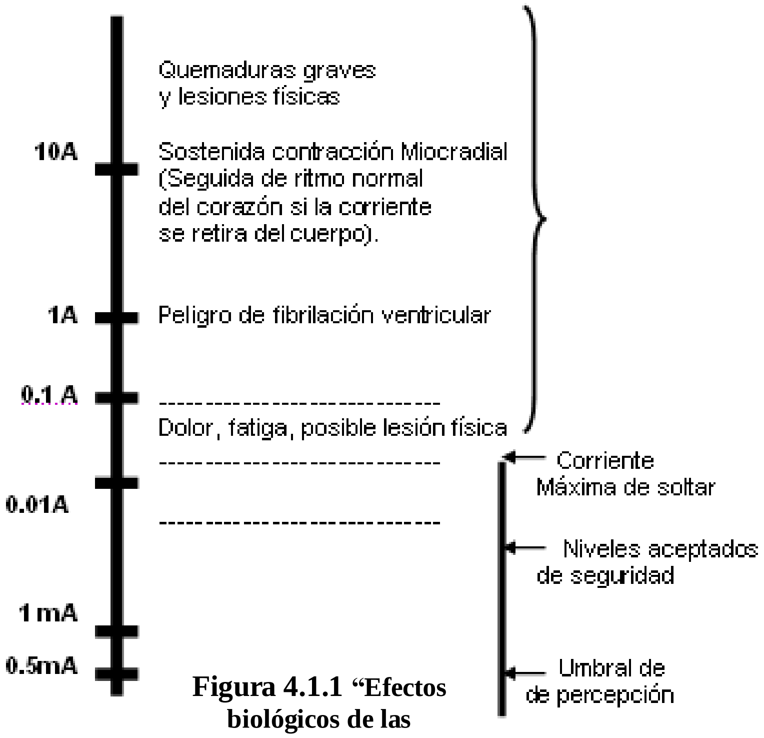



**Figura 4.1.1 "Efectos biológicos de las corrientes"**

La magnitud de la corriente eléctrica requerida para producir ciertos efectos fisiológicos en una persona es influida por muchos factores.

La figura 4.1.1 muestra la gama aproximada de corriente y los efectos resultantes de exposiciones de un segundo a varios niveles de corriente alterna de 60 Hz aplicada externamente al organismo. Para los efectos fisiológicos que involucran al corazón o la respiración, se asume que la corriente se introduce en el cuerpo por contacto eléctrico con extremidades, de tal forma que el recorrido de la corriente incluya la región pectoral (brazo a brazo, o brazo a pierna diagonal).

Para la mayoría de las personas, el umbral de percepción de la piel para un ligero contacto digital, es de

aproximadamente 500µA aunque intensidad de corriente mucho más bajas puede detectarse con la lengua. Con un firme agarre con la mano el umbral es aproximadamente 1 mA. Una corriente, una intensidad que no exceda de 5mA generalmente no se considera masiva, aunque la sensación a este nivel puede ser bastante desagradable y dolorosa. Cuando uno de los contactos de la fuente de electricidad posee una corriente que sobrepasa de 10 a 20 mA puede tetanizar los músculos del brazo imposibilitando a la víctima para soltar el conductor. El mínimo nivel de corriente en la cual esta condición tiene lugar se denomina por lo tanto, "corriente de soltura".

Fibrilación ventricular, puede ocurrir con corrientes de más de unos 100 mA, mientras que las corrientes que excedan de aproximadamente uno o dos amperios causa sostenida contracción del corazón, a menudo acompañada por parálisis respiratoria.
Los datos acerca de estos efectos son escasos, por obvias razones y generalmente se limitan a accidentes en los cuales la magnitud de la corriente pudiera reconstruirse, o experimentarse con animales. Por los datos disponibles parece ser que la corriente requerida para causar sin fibrilación ventricular aumenta con el peso corporal y que una corriente más elevada se requiere si ésta se aplica durante muy breve tiempo. Por los experimentos con corriente, dentro de la gama umbral de corriente y la corriente de soltar, se sabe que los efectos de esta casi independientes de la frecuencia hasta de unos 1.000 Hz. Por encima de este límite, la corriente debe incrementarse proporcionalmente a la frecuencia con el fin que tenga el mismo efecto. Estas corrientes de alta frecuencia se usan para minimizar la estimulación de nervios y músculos que puedan causar tétano.
En las consideraciones antes citadas, la intensidad eléctrica siempre se describe en términos de corriente eléctrica.

La tensión requerida para causar el flujo de corriente depende solamente de la resistencia eléctrica que ofrece el cuerpo al paso de la corriente. Esta resistencia es afectada por numerosos factores y puede variar desde unos pocos ohmios a varios mega ohmios. La mayor parte de la resistencia del cuerpo normalmente está representada por la resistencia de la piel. Piel seca, intacta (sin lesiones) tiene alta resistencia que es causada principalmente por la capa externa de ella (el epitelio), el cual proporciona protección natural al peligro eléctrico. Cuando esta capa permeabilizada por un líquido conductor, la resistencia de la piel disminuye sustancialmente. Si la piel se corta o si los objetos conductores, como las agujas hipodérmicas, se introducen a través de la piel la resistencia de la piel queda efectivamente sobrepasada. La pasta del electrodo, usada en la medida de potenciales bioeléctricos, también tiene el efecto de reducir la resistencia en la piel por acción de electrólitos y abrasión mecánica. Muchos procedimientos médicos requieren la introducción de objetos conductores en el organismo, ya sea a través de aperturas naturales o a través de incisiones en la piel. En muchos casos, por consiguiente, el paciente en el hospital queda desprovisto de la protección natural contra el peligro eléctrico que la piel normalmente le suministra. Debido a la resultante baja resistencia, peligrosas corrientes pueden ser causadas por tensiones que normalmente se consideran seguras por la gran resistencia de la piel.

En ciertos procedimientos médicos modernos, catéteres conductores eléctricos se introducen no sólo en el cuerpo, sino también directamente al corazón. Tales catéteres se utilizan con fines de diagnósticos, (cateterización cardiaca) para retirar muestras de sangre de varias partes del corazón, para inyectar colorante radio opaco para procedimientos angiográficos (radiografía de los vasos sanguíneos) o para medir la presión sanguínea o el rendimiento cardíaco. En estos casos el catéter proporciona una conexión eléctrica al corazón a través de la columna del fluido que está contenido dentro del catéter aislante. Cuando un marcapasos artificial se utiliza externamente en el tratamiento de bloqueo del corazón, un catéter conductor se inserta en el corazón para

proporcionar una conexión al marcapasos. Con cualquiera de estos catéteres, con el que se extrae sangre o el tipo conductor, puede formar uno de los dos contactos necesarios para conectar al cuerpo un circuito externo, cuando éste es el caso toda la corriente que fluye a través del catéter pasa directamente a través del corazón. La densidad de la corriente en el músculo cardiaco, puede por consiguiente ser de magnitudes más elevadas, que cuando la misma corriente se aplica a un contacto más remoto del corazón.

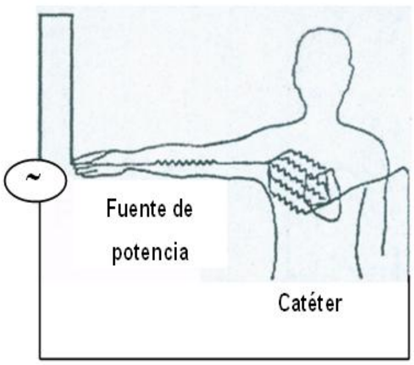



**Figura 4.1.2 "Efectos biológicos de la corrientes, micro choque"**

Como resultado de ello, un paciente con cualquier tipo de catéter cardiaco es mucho más sensible a la corriente eléctrica de lo que sería de otra manera. A dicho paciente se le llama "susceptible" a la corriente. El efecto de una corriente eléctrica aplicada directamente al corazón se llama "micro choque". En este sentido el efecto de la corriente, cuando no existe conexión directa al corazón, se denomina "macro choque"
La Información acerca de la corriente necesaria para causar fibrilación ventricular cuando se aplica directamente al corazón, es limitada. En experimentos con perros, la fibrilación pudo lograrse con una corriente tan baja como de 20 uA. En unas pocas pruebas con humanos, cuyos corazones hubo que someterlos a cirugía de corazón abierto, requirieron corrientes de por lo menos 108 uA Para proporcionar un margen de seguridad, normas y especificaciones contemporáneas para equipo médico se establecen límites inferiores. Para equipo que es utilizado con pacientes susceptible a la electricidad, la corriente que accidentalmente puede fluir al interior del corazón del paciente (corriente de riesgo no deberá sobrepasar de 10 uA.) La corriente de riesgo que puede fluir en cualquier otra conexión del paciente, tal como el conductor de electrocardiograma, deber limitarse a 50uA. Este límite es valedero para todos los pacientes, ya sean susceptibles a la electricidad o no.

## 4.2 Peligros de descarga proveniente de un equipo eléctrico

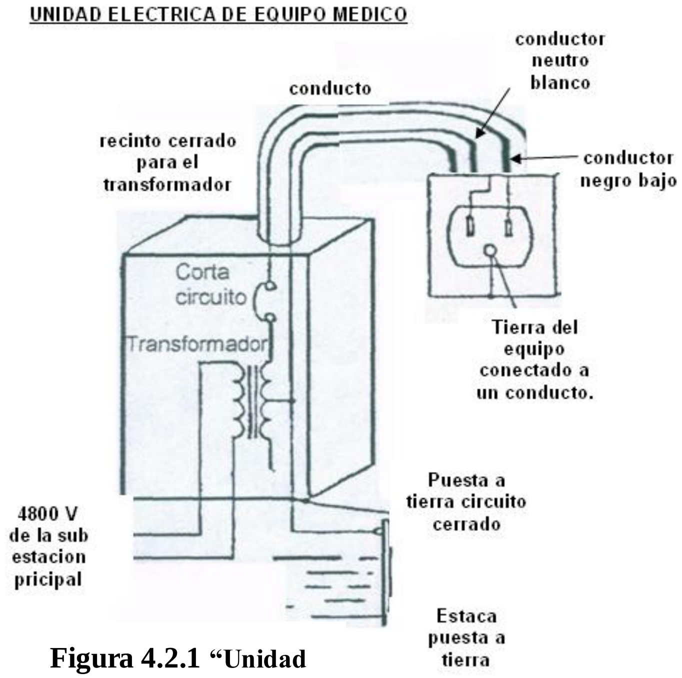



**Figura 4.2.1 "Unidad eléctrica"**

Para quedar expuesto a una descarga el cuerpo debe contactar con dos conductores eléctricos, que juntos suplen una tensión suficientemente grande para descargar una corriente riesgosa. Bajo circunstancias normales, nadie se expondría voluntariamente a tal situación. Pero el equipo defectuoso y los usuarios no informados pueden precipitar situaciones riesgosas con bastante facilidad. Con el fin de entender cómo los accidentes eléctricos pueden ocurrir, es necesario tener en cuenta los principios del sistema de distribución que lleva la fuerza al equipo eléctrico.
La fuerza eléctrica se genera en plantas por energía térmica, mediante la quema

de petróleo, carbón o gas: por energía hidroeléctrica o proviniendo de fuerza nuclear de un reactor atómico. A través de las líneas de alta tensión la electricidad se distribuye entonces Por todo el país. Esta alta tensión que se usa para reducir las pérdidas de las líneas de gran magnitud, es demasiado peligrosa para llevarse a los hogares domésticos u hospitales. En las así llamadas subestaciones (también llamadas estaciones de transformador), se reduce a tensiones más pequeñas por medio de transformadores. Esta reducción usualmente ocurre en varias etapas, y- un gran hospital puede tener una estación principal de transformadores y varias subestaciones con transformadores ubicados en cada edificio o piso. Uno de estos transformadores se ilustra en forma simplificada en la figura.

La alta tensión proveniente de la subestación principal penetra al transformador, la que se reduce a 115 voltios. El rendimiento de este transformador actualmente tiene dos circuitos de 115 voltios cada uno. Los dos circuitos están conectados entre sí, de modo que se dispone tanto de 115 voltios como de 230 voltios para equipos grandes, como máquinas de rayos X portátiles.
Los receptáculos de pared normales de 115 voltios están conectados al transformador por dos cables que corren insertos en un tubo de acero delgado llamado conducto. Un alambre (normalmente de color negro), conecta los contactos en la ranura rectangular más pequeña del receptáculo a uno de los bornes de 115 voltios del transformador. Lo que se da por nombre * alambre caliente, atraviesa un ** "circuito" ubicado en la localidad del transformador, o en un panel de corta circuito separado.

Desde los contactos, corre por la más grande de las ranuras rectangulares del receptáculo, un alambre blanco el cual está conectado al borne central del transformador, permitiendo así, obtener 115 voltios. El borne está conectado al recinto cerrado metálico del transformador, como también a un tubo de agua cercano o a una estaca metálica introducida en la tierra fuera del edificio. Consecuentemente el alambre blanco que denominamos alambre neutro, se entiende que está puesto en la tierra cerca del transformador. Debido a que el alambre neutro está puesto a tierra, la tensión de la línea de 115 voltios, existe no solo entre el alambre caliente y el alambre neutro, sino también, entre el alambre caliente y cualquier otro objeto metálico que esté también conectado a tierra.
Esta es la característica que es responsable de la mayor parte de los accidentes eléctricos. El entubado de acero que circunda los dos alambres, los protege mecánicamente y sirve como un tercer conductor el que conecta el circuito cerrado metálico puesto a tierra del transformador, en las cajas metálicas en las cuales van montados los receptáculos. El contacto tercero o contacto en forma de "U" del receptáculo, va conectado con la caja del receptáculo y es de esta manera que es puesto a tierra, a través del conducto. Un equipo eléctrico, ya sea un calentador, transformador motor o cualquier cosa que abarque su función

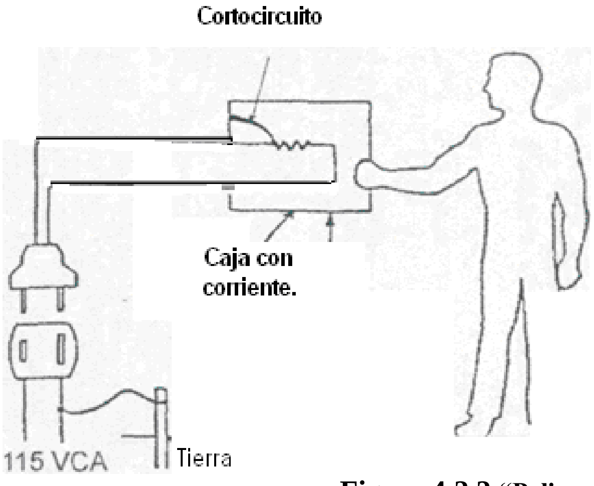



**Figura 4.2.2 "Peligro de descarga eléctrica"**

* Este alambre también es conocido como alambre de corriente, alambre act4o, alambre negro etc.
** Este corta circuito también es conocido como disyuntor, rompe circuito, interruptor de circuito etc.

eléctrica va siempre conectado entre los alambres negro y blanco.

La corriente eléctrica por lo tanto, viene del transformador a través del alambre negro (caliente) hacia el equipo y retorna a través del alambre blanco (neutro). Ambos alambres a lo largo de su recorrido, y en el equipo, se aíslan con todo cuidado con plástico, caucho o materiales cerámicos, para impedir que entren en contacto el uno con el otro, o con partes metálicas que son accesibles al usuario. Ocasionalmente, sin embargo, la aislación llega a ser defectuosa y uno de los dos alambres entra en contacto con la caja metálica (cortocircuito) de alguna pieza de equipo o alguna otra parte metálica que está al descubierto. Si el alambre que hace el contacto resulta ser el alambre de baja corriente, se suscita la peligrosa situación, descrita en la figura. A causa de que el alambre neutro está conectado a tierra, la caja metálica, que ha llegado a estar con corriente, debido al cortocircuito, puede enviar una peligrosa corriente hacia el cuerpo de cualquier persona que toque la caja, mientras esta en contacto al mismo tiempo con un objeto puesto a tierra. Aunque esta corriente cause solamente una descarga desagradable a la persona, o sea suficientemente fuerte para causar un accidente por las violentas contracciones musculares, o hasta la muerte por la fibrilación ventricular, es determinado por la r de la piel en los dos puntos de contacto con el cuerpo de víctima.

Sí el área de contacto es grande como ocurre cuando uno agarra un objeto metálico, y si la piel está húmeda por causa de transpiración, agua o cualquier líquido corporal, la corriente puede ser suficientemente grande para ser peligrosa y hasta fatal. La mayoría de los accidentes eléctricos de personas que usan equipo eléctrico que quedan muertas o lesionadas, se debe a que han tenido accidentalmente contacto con una pieza defectuosa de equipo y un objeto conectado a tierra. Los accidentes en los cuales los contactos con el cuerpo de la víctima provienen de los alambres con corriente y neutros y del sistema de distribución. Son mucho meno frecuentes. Cuando ocurren dichos accidentes, típicamente involucran a electricistas u obreros de servicios que trabajan en líneas de fuerza en equipos de alta tensión.

## 4.3 Métodos de prevención de accidentes

Con el fin de evitar la posibilidad de accidentes eléctricos, cierto número de métodos protectores se han creado. Algunos se usan universalmente, algunos se requieren sólo en áreas que se consideran especialmente riesgosas, aún otros, se han desarrollado especialmente para ser usados en hospitales.

## 4.4 Equipo conectado a tierra

El método de protección usado más frecuentemente es la colocación del equipo a tierra. Su principio se ilustra en la figura de la página siguiente. En este método, la caja metálica del equipo está conectada a tierra por un alambre separado. En el equipo eléctrico conectado por cable, la conexión a tierra se establece por el tercer contacto en forma de "U", en el enchufe. Si ocurre un cortocircuito en un dispositivo donde la caja se ha puesto a tierra, la corriente eléctrica fluye del cortocircuito hacia la caja y regresa a la subestación a través del cable puesto a tierra. Lo ideal sería que esta corriente de cortocircuito fuese suficientemente grande para hacer que el interruptor de circuito funcionará inmediatamente. Esta acción retira la energía eléctrica del equipo defectuoso y así limita el riesgo.

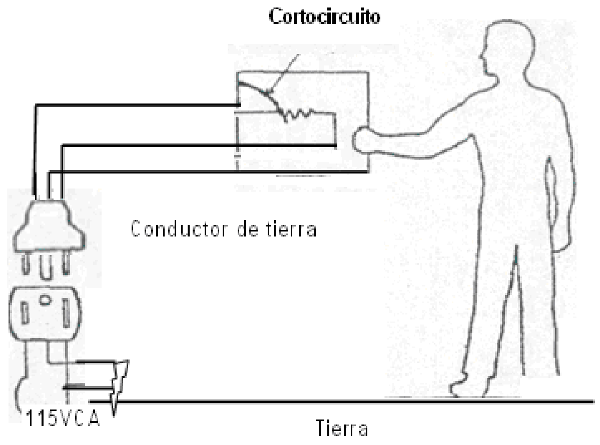



**Figura 4.4.1 "Conexión a tierra"**

La medida de protección que se establece a tierra tiene sin embargo muchas deficiencias. Obviamente es efectiva solo mientras exista una buena conexión a tierra. La experiencia ha demostrado, que muchos receptáculos eléctricos, enchufes y cables de línea, fallan en cierta forma bajo el intenso uso experimentado en un hospital y un porcentaje alarmantemente elevado del equipo del hospital no esta confiablemente conectado a tierra. También con el fin de causar inmediato disparo del cortacircuito. La resistencia del sistema colocado a tierra debe ser muy baja**.**

Cuando los conductos de acero se usan como sustitución de tierra en vez de correr alambres y colocarlos a tierra, la resistencia se hace más elevada. Esta condición puede tomar segundos o minutos, después que ocurre un cortocircuito, para que el cortacircuito abra.
Durante este tiempo el equipo defectuoso continúa siendo riesgoso. Si ocurre una falla en dicho equipo conectado a tierra, se puede lograr la seguridad del equipo removiendo la potencia de todo el circuito ramal al cual le esta conectado el equipo defectuoso. En hospitales, este defecto de fuerza eléctrica puede ser en sí peligroso, si la vida del paciente depende de equipos cuya fuerza es suministrada por el mismo circuito ramal.

## 4.5 Protección de uso de baja tensión

Mientras mas alta sea la tensión, mayor será la corriente que habrá de pasar a través de una persona en un accidente eléctrico. Accionado el equipo desde una tensión mucho más baja que la tensión de línea de fuerza, los riesgos eléctricos potenciales pueden reducirse sustancialmente. Una forma de lograr esta situación es hacer funcionar el equipo por medio de baterías. Aparte del uso de tensión más baja, hay ventaja adicional de que el equipo no tiene que ser puesto a tierra.

Aun cuando la operación de la batería generalmente se limita a pequeños dispositivos como navajas de afeitar o cepillos de dientes, un equipo tan grande como máquinas de Rayos X portátiles, a veces usan este método de protección (utilizando baterías grandes de baja tensión). Otra forma de obtener una tensión funcional más baja es por medio de un pequeño transformador, que puede ubicarse directamente en el enchufe del equipo como se ilustra en la figura. Este método a menudo se usa en equipos médicos que tiene solo una pequeña lámpara como el oftalmoscopio y endoscopio. Para proporcionar un factor de seguridad adicional, el transformador normalmente también se utiliza para aislar la parte de baja tensión del circuito con respecto a su posición a tierra. Es decir para que la parte pre-amplificadora del circuito que es la que usualmente va conectada al paciente no tenga contacto con tierra para así aislar al paciente. Transformadores del tipo que muestra la figura ya no son recomendados para uso en Hospitales porque varios han causado pequeños incendios.

## 4.6 Doble instalación

En un equipo "doblemente aislado "la caja está hecha de un material no conductivo, usualmente un tipo de plástico material apropiado.

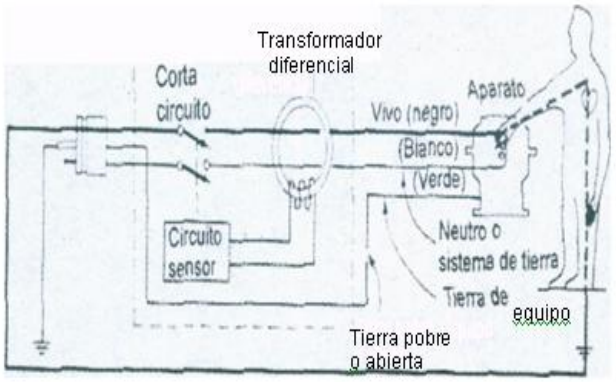



**Figura 4.6.1 "Interruptor de falla a tierra"**

Si se usan partes metálicas en equipos (al personal médico o pacientes) estas se deben fijar al cuerpo conductivo del equipo mediante una capa protector de aislación separada, además de la aislación (funcional) que separa este cuerpo de las partes internas eléctricas.

El equipo doblemente aislado no necesita conectarse a tierra y por consiguiente está equipado con un enchufe que no tiene clavija de conexión a tierra. Este tipo de equipo debe llamarse "Doblemente Aislado" La doble aislación se usa ahora ampliamente como método de protección en herramientas pequeñas de mano de fuerza eléctrica, y equipos eléctricos para el jardín, como el corta césped por ejemplo. A menudo las * afeitadoras eléctricas son aisladas, aún cuando no están especialmente rotuladas como tales. La doble aislación, sin embargo, solo es de mayor valor para el equipo hallado en un ambiente de hospital. A menos que el equipo también esté diseñado en este sentido, de que por fluidos es impermeable, la doble aislación puede fácilmente ser ineficaz si un fluido conductivo, como la solución salina u orina, se derrama sobre el equipo, o si el equipo accidentalmente se sumerge en uno de dichos fluidos.

## 4.7 Aislación de las piezas conectadas al paciente

Muchos tipos de equipo médico, electrodos o transductores se conectan al cuerpo del paciente. Ejemplos de esto son el equipo para electrocardiograma, registradores de presión que conectan a catéteres permanentes y máquinas electro quirúrgicas. Con el fin de simplificar los circuitos electrónicos fue en un tiempo modelo de práctica, conectar uno de los electrodos y la caja metálica del equipo, a tierra. Al hacerlo sin embargo, una de las dos conexiones eléctricas necesarias para un accidente eléctrico, era automáticamente revisada. Dicho equipo, por consiguiente trae consigo un inherente riesgo de seguridad eléctrica. Para evitar este peligro potencial, el equipo moderno de este tipo ha desechado la práctica de poner a tierra los conductores, transductores y el equipo usado con el paciente. Las modernas técnicas de circuito han hecho posible el diseño de amplificadores que quedan totalmente aislados de la tierra. Los modernos transductores a presión están diseñados esencialmente al igual que el equipo doblemente aislado descrito en la página anterior, sin partes metálicas al descubierto.

---

*Reglamentos de muchos hospitales han prohibido el uso de afeitadoras eléctricas en las unidades de cuidado intens4o por razones de seguridad.

**Interruptor de circuito por talla de tierra (ICFT)**

Otro método de protección es el ** 'interruptor de circuito por falta de tierra. Su principio se fundamenta en el hecho de que la corriente que normalmente fluye al interior del equipo a través del alambre bajo corriente, retorna a través del alambre neutro. No obstante, si una persona toca alguna pieza defectuosa del equipo y la corriente retorna a través de su cuerpo, la corriente en el alambre neutro es un tanto menor que la que circula en el alambre bajo corriente. El interruptor IFCT constantemente monitorea la diferencia entre estas dos comentes, y si percibe cierta diferencia (usualmente 5 mA) interrumpe la energía eléctrica al igual que un cortacircuito. Esta clase de protección es ahora requerida para cuartos de hidroterapia y unidades de diálisis renal en hospitales.

**Sistemas Aislados de Distribución de Potencia**

Accidente eléctricos que ocurren debido a que el cuerpo de la víctima entra en contacto con la tierra son posibles solo en razón de que el alambre neutro esta puesto a tierra. Si ambos alambres del sistema' de distribución estuviesen aislados de la tierra, los accidentes de este tipo podrían impedirse.

Aún cuando tales sistemas de distribución son posibles, el método puede usarse sólo en sistemas muy pequeños donde la distancia entre el transformador y los receptáculos de tomacorrientes es corta. Asimismo, sistemas aislados de potencia se usan principalmente en los quirófanos y unidades de cuidados intensivos donde la mayoría de las veces se utilizan para proporcionar protección adicional.

**Precauciones de Seguridad**

**Figura 4.7.1 "Prevención de accidentes"**

El método de prevención de accidentes usados en una situación dada o en cierto tipo de equipo médico, se determina a veces por normas y reglamentos que se establecen por agencias e institutos a nivel federal o estatal. A veces corresponde al fabricante del equipo elegir uno de varios métodos de protección, para asegurar la continua efectividad de las medidas de seguridad. Mantenimiento preventivo por otra parte, es el deber del personal técnico y de ingeniería del hospital o de compañías contratadas para tal fin. El personal hospitalario que utiliza el equipo, sin embargo, puede hacer ineficaz cualquiera de los métodos preventivos de seguridad si hacen mal uso del equipo. A la inversa, con suficiente cuidado el personal no solo puede mantener un alto grado de seguridad sino que también puede ayudar a descubrir defectos riesgosos antes de que pongan en peligro al paciente o al personal. La forma correcta de usar el equipo con seguridad, puede resumirse en cieno número de cosas que deben y que no deben hacerse.

** "Falta de Tierra", se usa como frase para describir que el sistema de tierra de un circuito, por varias razones no está funcionando

## 4.8 Cosas que no deben hacerse

No remueva los enchufes de los tomacorrientes al tirar el cable. Este puede desconectarse del enchufe y aflojar o romper la tierra.
No use * adaptadores eléctricos en el hospital (vea figura) En edificios de hospitales más viejos, donde aun se encuentran tomacorrientes de dos contactos (vea figura) sin el hueco para la clavija de tierra del enchufe deberá procederse a reemplazarlos por tomacorrientes nuevos. El uso de adaptadores, en la mayoría de los casos, altera la protección de su colocación en la tierra.
No use cables de extensión excepto en una emergencia. Sistemas de distribución eléctrica diseñados en debida forma, para hospitales y otras instalaciones médicas, deberán proveer suficiente número de tomacorrientes, en las ubicaciones apropiadas, para hacer innecesario el uso 'de cables de extensión.

El uso de cables de extensión, a menudo va en detrimento de la protección a tierra, y además expone al riesgo de tropezar y lesionarse. Si un cable de extensión es absolutamente necesario como en caso de una emergencia, utilice solo cables de grueso calibre de tres alambres con conectores que suministren conexión a tierra. Los cables de extensión de dos alambres con enchufes moldeados, vendidos para uso doméstico, resultan inapropiados para la tosca manipulación, y por consiguiente, nunca deberán emplearse en una instalación eléctrica.

No haga pasar carros de mano sobre cables eléctricos o conectores, y no pise cables o conectores.
No use ningún equipo eléctrico sin estar bien familiarizado con el funcionamiento del mismo y los riesgos que pudiera crear.

## 4.9 Precauciones especiales de seguridad en cirugía

Debido a los riesgos asociados con la cirugía, especiales procedimientos de seguridad son necesarios para quirófanos, salones de emergencia, salones para partos y ciertas áreas conexas al hospital. Estos riesgos en particular, hacen necesarias dichas precauciones para proteger al paciente y al personal.

La mayor parte de los procedimientos quirúrgicos requiere incisiones en la piel del paciente. En otros procedimientos, objetos como endoscopios o sondas se insertan en el cuerpo del paciente a través de orificios naturales. En ningún otro caso, la protección que se provee por la alta resistencia de la piel seca e intacta, es efectivamente anulada. Durante la intervención quirúrgica un paciente es por lo tanto, excepcionalmente vulnerable a los riesgos eléctricos.

Muchos procedimientos quirúrgicos requieren anestesia general, la que se introduce por agentes en la forma de gases o líquidos volátiles. Algunos anestésicos son inflamables y cuando se mezclan con aire en cierta proporción, pueden formar mezclas altamente explosivas. Las explosiones han matado y mutilado a pacientes y a personas del hospital en varias ocasiones. Extremo cuidado deberá ejercerse para evitar la introducción de cualquier posible fuente de chispas capaces de encender tales mezclas cuando dichos anestésicos están en uso.

---

* "Adaptadores", usualmente se utilizan para unir enchufes con clavija de tierra y tomacorrientes sin provisión para esa clavija.

Máquinas electro quirúrgicas (comúnmente llamadas "Bovies", por una marca determinada) se usan en muchos procedimientos. Este tipo de dispositivo puede ser el más riesgoso de todos los instrumentos de hospitales. No solo ha sido causa de muchas explosiones sino que también ocasiona un tipo particular de quemadura al paciente. Especiales precauciones de seguridad necesarias para impedir este tipo quemadura, deben tomarse.

## 4.10 Sistema aislado de distribución de energía eléctrica

Las normas de seguridad contra incendios para lo se que denomina "Ubicaciones anestésicas" exigen que todos los tomacorrientes, para equipo eléctrico conectado con cables, así como las lámparas para operaciones suspendidas del techo deberán ser abastecidas de potencia eléctrica desde un sistema aislado de distribución. Tales sistemas son más efectivos si son de tamaño pequeño. La fuerza para el sistema aislado de distribución, por consiguiente, no se suple de la subestación de transformadores directamente, sino que se obtiene desde un transformador de aislación por separado para cada quirófano. Este transformador descrito a continuación, va montado junto con su cortacircuito en un recinto cerrado por separado, ya sea que en quirófano o en sitio adyacente a este último.

**Figura 4.10.1** **"Tableros de distribución"**

El tablero de tal instalación se ilustra en la figura. Si ocurre un cortocircuito entre la caja y uno de los dos alambres, en una pieza de equipo abastecida de corriente desde el sistema aislado, el resultado será muy diferente del que se obtenga de un sistema conectado a tierra, descrito anteriormente. Aún si la caja si la caja de equipo no está conectada a tierra debidamente, alguien que toque el equipo y un objeto conectado a tierra no recibirá una descarga porque ninguno de los conductores de energía está Conectado a tierra. No obstante, una pequeña corriente puede pasar a través del cuerpo de dicha persona, debido a la capacidad entre los conductores del sistema y la tierra. Esta corriente sin embargo, será de una magnitud muy pequeña, de 1 a 2 mA, que puede percibirse sin que cause daño alguno. Si el equipo en el cual ocurre el cortocircuito está debidamente conectado a tierra, esta "comente de fuga" retornará a través de la conexión a tierra. En este caso, el circuito en el equipo defectuoso efectivamente pone a tierra uno de los conductores del sistema aislado de distribución. Como resultado de ello, el sistema aislado cambia retroactivamente a un sistema común de distribución conectando a tierra la protección provista por el sistema aislado queda obviada. Con el fin de dar una advertencia en el caso de que esta situación ocurra, sistemas aislados de energía emplean "monitores de aislación de línea" (MAL).

**Enchufe de cierre para sistema aislado de distribución de energía**
Este dispositivo alternativo chequea los dos alambres del sistema de distribución para aislación con respecto a la tierra. El grado de aislación expresado como la así llamada "corriente de riesgo" o "corriente de peligro" está indicado en un medidor eléctrico.

Además del medidor, se proveen dos luces de advertencia. Cuando el sistema está adecuadamente aislado, una lámpara verde a veces rotulada "SAFE" (seguro) se encenderá. Si la aislación comienza a deteriorarse o si ocurre un cortocircuito entre uno de los alambres y la tierra en cualquier parte del sistema, se enciende una lámpara roja a veces denominada "HAZARD" (PELIGRO). Al mismo tiempo, una alarma acústica comenzará a sonar. Esta alarma de riesgo simplemente indica que el sistema ha perdido sus propiedades protectoras. Aún requiere una segunda falla antes de que pueda surgir un riesgo o peligro real. Si la alarma ocurre mientras se encuentra en marcha una intervención es posible terminar el procedimiento antes de intentar hallar La causa de la alarma. Para estas situaciones el monitor de aislación tiene un botón con el cual la alarma acústica puede silenciarse. Aún si la alarma acústica se desconecta, la lámpara roja de advertencia permanece encendida indicando la continua presencia de una condición de alarma.

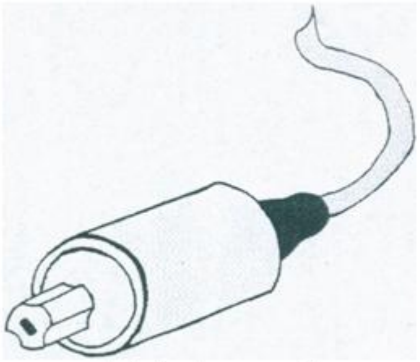



**Figura 4.10.2**

El "MAL" tiene un botón para simular un cortocircuito y chequear su buen funcionamiento. Tanto la lámpara roja como la alarma acústica deberán entrar en función dentro de pocos segundos. Receptáculos provistos de energía desde un sistema aislado no son del tipo común de tres clavijas, sino que son de un tipo especial de enclavamiento. Donde se requieren 230 voltios, tal como para maquinas portátiles de Rayos X. en las que se emplea un tipo similar. Ambos tipos de enchufes se conectan al receptor alineando la parte similar a una llave del enchufe con el receptáculo, oprimiendo el enchufe para introducirlo en el receptáculo (lo cual requiere considerable fuerza), y haciendo girar el enchufe en sentido de las manecillas del reloj en aproximadamente un cuarto de vuelta. El enchufe se desconecta imprimiendo rotación al sentido contrario a las manecillas del reloj el que se eyecta fuera del receptáculo por la fuerza de un resorte.

## 4. 11 Sistema colocado a tierra

Además del sistema aislado de distribución, se utiliza un sistema especial de colocación a tierra de alta calidad para los equipos en la sala quirúrgica y todas las ubicaciones anestésicas.

Este sistema no solo protege a los pacientes y al personal haciendo pasar por derivación a tierra las corrientes de fuga, sino que también es necesario para el apropiado funcionamiento del monitor de aislación de línea (MAL) descrito en la Sección L. El sistema especial de colocación a tierra se denomina un sistema "equipotencial" porque mantiene los objetos metálicos en el área que posiblemente pudieran entrar en contacto con el personal o el paciente, al mismo nivel potencial eléctrico. Para este propósito no solo los recintos cerrados del equipo eléctrico sino también todos los otros objetos metálicos (mesas de operación, máquinas de anestesia, y mesas de instrumentos) que pudieran entrar en contacto con el equipo eléctrico deben interconectarse por el sistema conectado a tierra., Equipos de tipo portátil de esta clase pueden

requerir el uso de alambres de tierra por separado que están conectados a un punto común en la tierra cerca de la cabecera de la mesa de operaciones. Enchufes especiales tipo bayoneta se usan en este alambre de tierra. Cabe observar que todos los alambres de tierra y conectores asociados son de color verde. También es necesario que se un ohmiómetro o dispositivo similar en cada quirófano, con el fin de comprobar la continuidad eléctrica de la tierra equipotencial, especialmente dispositivos portátiles. Sistemas de equipotencial colocados conectados a tierra, también se requieren para la protección de pacientes "eléctricamente susceptibles", conforme se describió anteriormente. La figura muestra tal sistema en la forma en que se usa en una unidad de cuidados intensivos.

Debido a los riesgos en particular de las intervenciones quirúrgicas, es importante que cualquier dispositivo eléctrico o parte de tal dispositivo que pueda llevarse al campo operatorio intencionalmente o por accidente, se construya de tal modo que el derrame de líquido o inmersión en este último, no resulte en un riesgo de descarga eléctrica.

## 4.12 Utilización de anestésicos inflamables

Las medidas de seguridad descritas hasta ahora se requieren para todas la "ubicaciones anestésicas"; precauciones adicionales son necesarias en lugares donde pueden usarse anestésicos inflamables. El propósito de estas medidas adicionales, es evitar cualquier posibilidad de que chispas, arcos, o altas temperaturas, donde pueda estar presente una mezcla de gases explosivos debido a que los gases anestésicos son más pesados que el aire y tienden a acumularse al nivel del suelo, toda la red eléctrica, interruptores, enchufes y receptáculos instalados a menos de 5 pies por encima del suelo, deberán ser le un diseño especial a prueba de explosiones. Todo el equipo portátil debe estar diseñado especialmente para el ambiente riesgoso y debe rotularse así explícitamente.

El personal debe tener especial cuidado para impedir que cualquier equipo que no esta así rotulado se encuentre en tal ubicación. Otras medidas que están destinadas a impedir chispas van desde pisos conductores hasta especificaciones para los textiles usados en las prendas de vestir que han de usar el personal que trabaja en secciones de anestésicos inflamables.

## 4.13 Medidas especiales para la protección de pacientes eléctricamente susceptibles

Si la corriente se aplica al cuerpo a través de la piel, una corriente de por lo menos 100 mA, es necesaria para causar fibrilación ventricular. Accidentes de este tipo normalmente ocurren sólo si un equipo defectuoso o negligencia, se hallan involucrados. Sin embargo, si uno de los conductores eléctricos se aplica directamente al corazón, el paciente se torna susceptible y corrientes eléctricas de mucha menor intensidad pueden ser peligrosas. Corrientes de una magnitud que posiblemente puede ser peligrosa a dichos pacientes, puede recibirse de un equipo perfectamente intacto, debido a fugas eléctricas.

Este último tipo de fuga existe en equipos con estructuras metálicas que pueden tener transformadores, motores, resistencias, cables eléctricos, y abastecidos por tensión de CA. La magnitud de la corriente de fuga depende del tipo y tamaño físico del equipo y puede variar desde menos de de 20uA. Para un equipo de escaso tamaño como lámparas de examen, hasta varios centenares de microamperios para un equipo tal como máquinas portátiles de Rayos X o ciertos

tipos de respiradores. Estas corrientes no pueden percibirse debido a que son menores de 500uA. Son bastante grandes, sin embargo, para poner en peligro a pacientes eléctricamente susceptibles si llegan a pasar a través de de la conexión eléctrica hacia el corazón. Así pues, los pacientes de esta clase corren más peligro y medidas especiales deberán tomarse en él diseño de sistemas de distribución de potencia y equipos utilizados con pacientes eléctricamente susceptibles. Puesto que estas medidas pueden a veces fallar, deberá tomarse precauciones especiales por parte del personal médico que tiene relación continua con los pacientes.

**Catéteres conductores para marcapasos externos**

Los conductores eléctricos que son introducidos directamente al corazón a través de las arterias, hacen al paciente eléctricamente susceptible y puede ocurrir en diferentes procedimientos médicos.

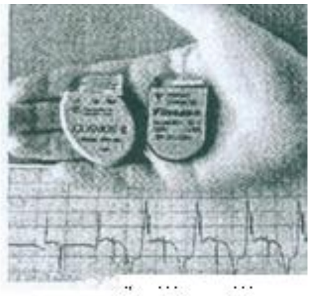

Moderno marcapasos interno

**Figura 4.13.1**

Cuando catéteres conductores se insertan para utilizarse temporalmente con un "marcapasos" externo, la conexión eléctrica hacia el corazón en este caso se hace intencionalmente. La resistencia del catéter conductor es muy baja y hasta una pequeña tensión que pudiera accidentalmente entrar en contacto con la conexión externa del catéter, puede hacer peligrar al paciente. Por esta razón, la conexión externa de tales catéteres conductores, deberá tratarse con extremo cuidado. Los marcapasos externos primitivos se accionaban por línea corriente alterna y la literatura médica informa de varios incidentes en los cuales, marcapasos defectuosos o no conectados a tierra, causaron fibrilación. Marcapasos externos más modernos funcionan con batería para impedir accidentes de esta clase, aunque cuando un marcapasos accionado por corriente de línea está bien diseñado es seguro.
Los peligros con el marcapasos externo, se llegaron a apreciar en su totalidad desde los primeros años de la década del 70. Los marcapasos construidos antes de esa época, no intentaban impedir contacto accidental con sus conectores y tenían bornes con partes metálicas fácilmente accesibles, como se observó en la figura.

Debido a que los marcapasos de ésta clase podrían encontrarse en uso. Deberá tornarse gran cuidado para evitar contacto accidental con otros equipos y cualquier parte metálica del marcapaso y el catéter. Si fuese necesario, deberán usarse cubiertas aisladoras. Si los bornes de los conductores del catéter han de manipularse, ya sea en la inserción del catéter o cuando el marcapasos tiene que cambiarse o ajustarse, deberá tocarse solamente, cuando se lleven guantes de goma secos, intactos, del tipo quirúrgico. Los catéteres conductores normalmente se insertan bajo el control de * fluoroscopio. Ya sea en el laboratorio de cateterización cardiaca o bien usando un fluoroscopio portátil a la cabecera de la cama. Como procedimiento de emergencia. Sin embargo pueden insertarse sin un fluoroscopio, vigilando la señal del electrocardiograma en un monitor o registrador de electrocardiograma con conductores aislados para el paciente. Los dispositivos de mayor antigüedad en los cuáles el conductor RL va puesto en tierra, pudiera inyectar corrientes peligrosas en el catéter y por consiguiente hace peligrar al paciente.

---

*Propiamente denominado fluoroscopia", este proceso se lleva a cabo por medio de un método de Rayos X, llamado Radio fluoroscopia

## 4.14 Catéteres Llenos de Fluido

Los catéteres llenos de fluido se insertan en el corazón para establecer una conexión hidráulica para la inyección de tintes en angiografía y determinaciones del rendimiento cardíaco o para la medición de presiones intracardiacas. Debido a que el catéter para el procedimiento, se hace de materiales eléctricamente conductores, una conexión eléctrica también se establece. Aún cuando la resistencia eléctrica del catéter lleno de fluido es mucho más elevada que del catéter metálico; sin embargo los catéteres llenos de fluido pueden poner en peligro a los pacientes en los cuales se usen. Por consiguiente, inyectores de fuerza modernos para procedimientos angiográficos, tienen sus jeringas diseñadas de tal manera, que el tinte radio opaco no entra en contacto con las partes metálicas del equipo inyector. Además, algunos equipos inyectores tienen cierres de seguridad que permiten su acción sólo cuando está debidamente conectado a tierra. Similarmente, los transductores modernos para la presión sanguínea son diseñados con cuerpos plásticos para aislar e impedir que el fluido en el catéter entre en contacto con partes metálicas que pueda transmitir una corriente por el catéter.

**Figura 4.14.1 "Médicos realizando una angiografía"**

Una conexión eléctrica hacia el corazón puede también establecerse accidentalmente sin que el personal se de cuenta de ello. En un estudio publicado en la literatura médica. 300 pacientes a quienes se insertaron catéteres, a través de una vena del brazo para la medición de la ** presión venosa central, se examinaron radiológicamente y se encontró que en menos del 13% de los pacientes el extremo del catéter se había ubicado inadvertidamente, en el atrio derecho o ventrículo derecho. Los pacientes con catéteres para la medición de la presión venosa central o para procedimientos de intercambio de fluido, deberán considerarse también como eléctricamente susceptibles.

## 4.15 Medidas protectoras

Pacientes para los cuales se ha establecido una conexión al corazón de acuerdo a una de las formas descritas anteriormente, deben recibir protección especial contra riesgos eléctricos. Todas las precauciones de seguridad recomendadas y descritas anteriormente, deberán acatarse con gran cuidado. Normas actualizadas requieren que instalaciones nuevas, para el cuidado de pacientes eléctricamente susceptibles (unidades de cuidado intensivo y de cuidado- coronario), se equipen con sistemas conectados a tierra del tipo usado en quirófanos, descritos en las secciones anteriores.

** Esta medición generalmente se hace cerca del corazón pero no en sus cavidades.